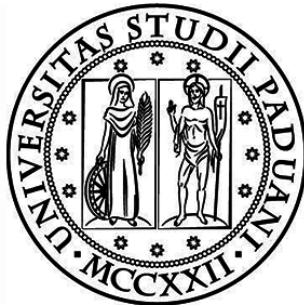


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DELLA SICUREZZA CIVILE ED
INDUSTRIALE



**Tesi di Laurea Magistrale in
Ingegneria della Sicurezza civile ed industriale**

**Analisi antincendio del Caffè Pedrocchi per attività
alberghiere e di pubblico spettacolo:
gli aspetti essenziali della progettazione
impiantistica**

Relatore: Ing. Fabio Dattilo

Laureanda: CHIARA MERLO

ANNO ACCADEMICO 2017 – 2018

*Un ringraziamento speciale alla mia famiglia,
in particolare ai miei genitori:
è grazie a loro sostegno e al loro incoraggiamento
se oggi sono riuscita a raggiungere questo
grande traguardo*

Riassunto

Tra i pericoli che insidiano un edificio, l'incendio è l'evento di gran lunga più traumatico e devastante, perché mette a repentaglio la vita delle persone che si trovano all'interno e dei soccorritori. Inoltre, mina l'integrità delle strutture dell'edificio stesso, che corre il rischio di crollare o di essere lesionato in maniera grave e permanente. Ciò risulta di primaria importanza soprattutto negli edifici sottoposti a tutela ai sensi del D.Lgs 22 gennaio 2004, n.42, come il Caffè Pedrocchi, per i quali risulta fondamentale garantire la salvaguardia del patrimonio culturale. In queste realtà, in cui risulta difficile realizzare le soluzioni previste dalle regole tecniche, si ricorre a procedimenti di deroga nei quali si adottano soluzioni che prevedono anche interventi di tipo impiantistico. La protezione attiva moderna si avvale infatti di nuove tecnologie ormai collaudate in ambito militare, navale, industriale e civile come il sistema ad acqua nebulizzata ad alta pressione *Water Mist*, che nell'ambito degli edifici storici risulta una soluzione più vantaggiosa rispetto al tradizionale impianto sprinkler, in virtù delle ridotte dimensioni e dei limitati effetti collaterali dovuti alla scarica d'acqua nebulizzata.

Indice

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1 – CAFFÈ PEDROCCHI: STATO DELL'ARTE	3
1.1 Il Caffè Pedrocchi sotto il profilo antincendio	3
1.2 Impianti esistenti	5
1.2.1 Impianto sprinkler	7
1.2.2 Impianto antincendio naspi ed idranti	8
1.3 Caratteristiche di natura impiantistica per il procedimento di deroga	10
1.3.1 Il DM 19/8/1996: locali di pubblico spettacolo	11
1.3.1.1 Estintori	11
1.3.1.2 Naspi	12
1.3.1.3 Idranti DN 45	13
1.3.1.4 Attacchi per il collegamento con le autopompe V.V.F.	14
1.3.1.5 Impianti di spegnimento automatico a pioggia (sprinkler)	14
1.3.1.6 Impianti di rivelazione e segnalazione automatica degli incendi	15
1.3.2 Il DM 9/4/1994: attività ricettive	15
1.3.3 Linea guida per la valutazione in deroga dei progetti di edifici sottoposti a tutela	16
1.3.3.1 Valutazione del rischio	17
1.3.3.2 Individuazione della strategia antincendio in deroga	19
1.3.4 Il DM 20/12/12: Decreto impianti	22
1.3.4.1 Disposizioni per le reti idranti	23
1.3.4.2 Disposizioni per l'impianto sprinkler	24
CAPITOLO 2 – LA TECNOLOGIA WATER MIST	25
2.1 Caratteristiche e principali vantaggi	25
2.1.1 Dimensione delle gocce	26
2.1.2 Densità di scarica	28
2.1.3 Quantità di moto	28
2.1.4 Enclosure effect	30
2.1.5 Vantaggi	31
2.2 Il meccanismo di estinzione dell'incendio	34
2.2.1 Raffreddamento	35
2.2.2 Sottrazione dell'ossigeno	38
2.2.3 Assorbimento del calore radiante	40
2.2.4 Utilizzo di additivi "wetting agent"	41
2.3 Riferimenti normativi	44
2.4 Enti certificatori	44
2.5 Tipologie di sistema	45
2.5.1 Sistema ad umido	45
2.5.2 Sistema a diluvio	45
2.5.3 Sistema a secco	46
2.5.4 Sistema a preazione	46

2.6	Principali componenti impiantistiche	46
2.6.1	Riserva idrica	46
2.6.2	Unità di pompaggio	47
2.6.3	Rete di tubazioni	49
2.6.4	Valvole di sezionamento	49
2.6.5	Ugelli erogatori	50
2.6.5.1	Nebulizzatori ad urto	51
2.6.5.2	Nebulizzatori a pressione	52
2.6.5.3	Nebulizzatori “Twin fluid”	53
2.7	Campi di applicazione	54
2.7.1	Navale	54
2.7.2	Civile	54
2.7.3	Patrimonio artistico e storico	55
2.7.4	Industriale	56
2.7.5	Trasporti	56
CAPITOLO 3 – PRINCIPI IDRAULICI DI PROGETTAZIONE		57
3.1	Procedura standard di dimensionamento	57
3.2	Analisi del rischio	58
3.2.1	Identificazione dell’area operativa	59
3.2.2	Durata	61
3.2.3	Classificazione del rischio	64
3.3	Calcolo della portata all’ugello e della riserva idrica	65
3.4	Dimensionamento delle tubazioni e calcolo delle perdite di carico	67
3.4.1	Dimensionamento del diametro dei tubi	67
3.4.2	Calcolo delle perdite di carico	68
3.4.2.1	Perdite di carico concentrate	69
3.4.2.2	Perdite di carico distribuite	71
3.5	Scelta della pompa	73
3.5.1	Generalità sulle pompe	73
3.5.1.1	Pompe centrifughe	74
3.5.1.2	Pompe alternative	75
3.5.2	Scelta della pompa idraulica	77
CAPITOLO 4 – DIMENSIONAMENTO DELL’IMPIANTO WATER MIST		81
4.1	Stima dell’HRR (Heat Release Rate)	81
4.2	Specifiche di erogazione del sistema Water Mist	83
4.2.1	Erogatori	85
4.2.2	Valvole di sezionamento	86
4.2.3	Rete di distribuzione	86
4.2.4	Riserva idrica	87
4.2.5	Stazione di pompaggio	88
4.2.6	Locale tecnico	88
4.3	Manutenzione	89
4.4	Stima dei costi	90
CONCLUSIONI		93
BIBLIOGRAFIA		95
ALLEGATI		97

Introduzione

La seguente tesi è stata stilata a seguito di un lavoro di tirocinio svolto presso lo studio *Plannings SRL*. Nello specifico, in capo alla richiesta di adeguamento antincendio del Caffè Pedrocchi per attività alberghiere e di pubblico spettacolo, sono stati analizzati gli aspetti essenziali di natura impiantistica legati alla protezione attiva. In particolare, è stato richiesto di studiare e dimensionare l'impianto di controllo dell'incendio utilizzando la moderna tecnologia *Water Mist*. Questo sistema antincendio è il risultato di un grande processo innovativo, basato sull'utilizzo dell'acqua nebulizzata ad alta pressione allo scopo di ottenere considerevoli vantaggi in termini di prestazioni e risparmio. Grazie alla collaborazione con *Safe Antincendi SRL*, si è proceduto dunque ad uno studio delle caratteristiche dei sistemi ad acqua nebulizzata, ricavandone le informazioni di base sui principi di funzionamento all'interno degli standard di riferimento (Standard Europeo UNI CEN/TS 14972 e Standard Americano NFPA 750) nell'ottica di dimensionare il sistema stesso per lo stabilimento Caffè Pedrocchi e di ottenerne una stima dei costi di intervento.

Capitolo 1

Caffè Pedrocchi: stato dell'arte

Nel seguente capitolo verranno trattati gli aspetti essenziali di natura impiantistica legati alle prescrizioni imposte dalle norme tecniche di prevenzione incendi. Si andrà ad analizzare dunque quali sono gli impianti esistenti all'interno del Caffè Pedrocchi e identificare quali sono le misure antincendio ampiamente rispettate e quali invece da integrare. Questa analisi nasce soprattutto dall'esigenza di richiedere la valutazione del progetto in deroga, considerata la natura dell'edificio vincolato per arte e storia, e la difficoltà di rispettare le prescrizioni imposte soprattutto per quanto riguarda la protezione passiva.

1.1 Il Caffè Pedrocchi sotto il profilo antincendio

Il Caffè Pedrocchi, in Figura 1.1-1, è un edificio storico di fama internazionale, situato nel pieno centro di Padova e caratterizzato da un'architettura di tipo neoclassico; risulta dunque uno stabilimento di pregio artistico e culturale in quanto per oltre un secolo è stato un prestigioso punto d'incontro frequentato da intellettuali, studenti, accademici e uomini politici. Inoltre, ha ricoperto un ruolo fondamentale durante la metà del Novecento in quanto è stato luogo di nascita per alcuni moti risorgimentali italiani del 1848.



Figura 1.1-1: *Il Caffè Pedrocchi*

Sotto il profilo antincendio lo stabilimento nella configurazione attuale, ai sensi del D.P.R. 151/2011, Allegato I, rientra tra le attività soggette ai controlli del Comando dei Vigili del Fuoco con le seguenti attività:

- attività n.69 (*Locali adibiti ad esposizione e/o vendita all'ingrosso o al dettaglio, fiere e quartieri fieristici, con superficie lorda superiore a 400 m² comprensiva dei servizi e depositi. Sono escluse le manifestazioni temporanee, di qualsiasi genere, che si effettuano in locali o luoghi aperti al pubblico.*);
- attività n.72 (*Edifici sottoposti a tutela ai sensi del d.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, aperti al pubblico, destinati a contenere biblioteche ed archivi, musei, gallerie, esposizioni e mostre, nonché qualsiasi altra attività contenuta nel presente Allegato*);
- attività n.74 (*Impianti per la produzione di calore alimentati a combustibile solido, liquido o gassoso con potenzialità superiore a 116 kW*).

Per l'ottenimento della Conformità Antincendio relativamente alle suddette attività, in occasione di progetti di ristrutturazione dello stabilimento, risultava necessario l'ampliamento dell'impianto fisso di spegnimento ad acqua esistente che era alimentata direttamente dall'acquedotto cittadino, allo scopo di rendere l'intero edificio completamente protetto contro gli incendi con idranti e naspi che per numero e ubicazioni consentissero il raggiungimento con getto d'acqua di tutto lo spazio a disposizione, con condizione che *“i naspi da derivare dalla rete idrica antincendio devono essere in grado di erogare 36 l/min alla pressione di 1.5 bar al bocchello. La suddetta rete deve garantire durante il contemporaneo utilizzo dei 2 naspi posti nella posizione idraulicamente più sfavorevole le predette caratteristiche per un tempo non inferiore a 60 min”*¹.

Per ottemperare alle prescrizioni impartite dal Comando dei Vigili del Fuoco di Padova, si è dunque provveduto a:

- installare un impianto di tipo sprinkler a protezione del locale magazzino ubicato nel piano interrato dello stabilimento;
- integrare l'impianto idrico antincendio esistente con modifiche maggiori del 50%, considerandolo dunque come nuova installazione secondo normativa UNI 10779.

¹ , condizione espressa per dal Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Padova con nota del 13.08.1994 prot. 13685/94, per l'ottenimento del parere favorevole. Questa condizione è stata ribadita a seguito del Verbale di accertamento n.10305/07 del 11/05/2007 del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco, Ufficio Polizia Giudiziaria con nota del 23/05/2007 prot. 19334/07 che indicava di installare i naspi con prestazioni idrauliche prescritte nel suddetto parere.

A tal proposito, si rimanda agli allegati (A.1 – A.5) per lo sviluppo in pianta ai diversi piano dei suddetti impianti.

1.2 Impianti esistenti

La misurazione e la natura del carico di incendio, l'estensione delle zone da proteggere, la probabile velocità di propagazione e sviluppo dell'incendio, il tipo e la capacità dell'alimentazione idrica e la presenza di una rete pubblica sono fattori di cui si è tenuto conto nella progettazione degli impianti. La procedura di calcolo impiegata ha portato dunque alla determinazione di tutte le caratteristiche idrauliche dei tratti (portata, perdite distribuite e concentrate), della prevalenza totale, della portata totale e quindi della potenza minima della pompa da installare a monte rete, tenendo conto di un valore massimo di velocità dell'acqua pari a 3,00 [m/s].

Nello specifico i suddetti impianti possiedono alimentazione idrica comune, composta in particolare da una riserva idrica e un gruppo di spinta posizionati al piano interrato in un locale denominato “ex ghiacciaia” ad uso esclusivo antincendio.

La riserva idrica antincendio è composta da serbatoi metallici, costruiti su misura, di adeguate dimensioni, collegati in serie a mezzo di flange metalliche. Detti serbatoi sono permanentemente pieni di acqua e nel caso di consumo da parte degli impianti, sono collegati all'acquedotto e sono dotati di galleggianti che regolano il reintegro.

Il gruppo di spinta antincendio è composto da 2 pompe conformi alla UNI ISO 2548:1984, ora sostituita dalla UNI EN ISO 9906:2002, in particolare:

- una elettropompa di pressurizzazione KVC 65/50 T con motore da 1.1 kW in grado di mantenere una prevalenza massima di 82 [m] e una portata massima di 4.8 [m³/h];
- una motopompa diesel NC 40- 200/205, caratterizzata da un numero di giri pari a 2900 e diametro della girante pari a 205 [mm]. Questa è in grado di garantire una prevalenza massima di 58 [m] e una portata massima di 41 [m³/h], con rendimento intorno al 55%. La curva caratteristica portata-prevalenza, riportata in Figura 1.2-1, è tale che la prevalenza diminuisca costantemente con l'aumentare della portata ma con variazione ridotta di non più del 5%.

La condotta di mandata di ciascuna pompa direttamente collegata al collettore di alimentazione dell'impianto per l'aspirazione dalla riserva idrica è corredata di:

- un manometro tra la bocca di mandata della pompa e la valvola di non-ritorno;

- una valvola di non-ritorno posta nelle immediate vicinanze della pompa, con a monte il relativo rubinetto di prova;
- un tubo di prova con relativa valvola di prova e misuratore di portata con scarica a vista; saranno inoltre previsti degli attacchi per verificare la taratura dell'apparecchio tramite un misuratore portatile;
- un collegamento al dispositivo di avviamento automatico della pompa;
- una valvola di intercettazione.

Le pompe sono ad avviamento automatico e funzionano in continuo finché non vi è l'arresto manuale. Il dispositivo di avviamento automatico di ciascuna pompa è costituito da un pressostato tarato in modo da avviarla quando la pressione a valle si riduce ad un valore compreso tra il 75 e l'85% del valore della pressione a pompa funzionante a mandata chiusa.

Sono stati installati inoltre dispositivi per avviamento manuale di ogni pompa mediante simulazione di una caduta di pressione nel collettore di alimentazione dell'impianto.

Ogni caduta di pressione, tale da provocare avviamento di una o più pompe, aziona contemporaneamente un segnale di allarme acustico e luminoso in locale permanentemente controllato; l'avviamento della pompa tuttavia non provoca la tacitazione del segnale in quanto l'alimentazione elettrica di tale dispositivo di allarme è indipendente da quella delle elettropompe e delle batterie di accumulatori utilizzate per avviamento delle eventuali motopompe di alimentazione dell'impianto.

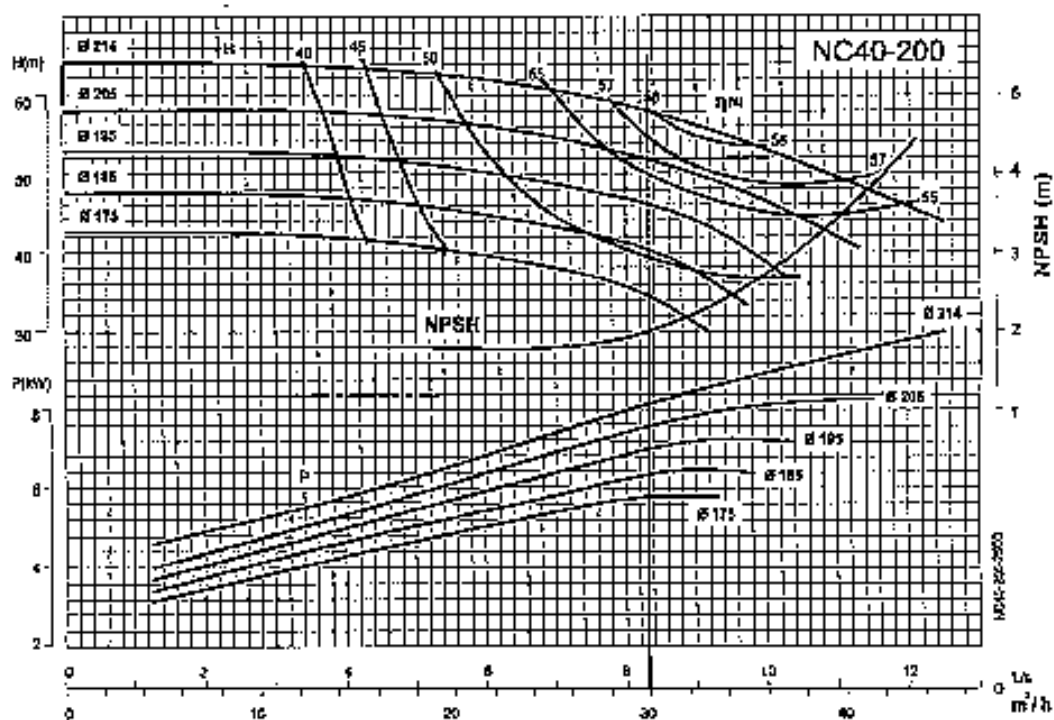


Figura 2.2-1: Curva caratteristica della pompa NC 40- 200/205

Per la conformità alla norma UNI 11292:2008, *Locali destinati ad ospitare gruppi di pompaggio per impianti antincendio - Caratteristiche costruttive e funzionali*, si è identificato, come già visto, il locale all'interno dell'edificio denominato "ex ghiacciaia", che risulta conforme alle prescrizioni imposte dalla normativa relativamente alle altezze, spazi e accessi. A tale scopo il locale tecnico destinato all'installazione della stazione pompe viene mantenuto ad una temperatura non minore di 4° C e risulta opportunamente ventilato al fine di evitare che la temperatura ambiente sia maggiore di 40° C con i motori a pieno carico. La stazione pompe è dotata di sistema di illuminazione di emergenza, oltre a quello normale.

Inoltre, gli spazi disponibili e l'ubicazione dei macchinari permettono le operazioni di manutenzione, anche in loco, e di ispezione senza difficoltà.

L'accesso alla stazione pompe è impedito a persone non autorizzate, mentre gli addetti potranno accedere senza difficoltà in ogni momento e situazione.

1.2.1 Impianto sprinkler

L'installazione dell'impianto sprinkler nasce dall'esigenza di ottenimento di conformità antincendio a seguito della richiesta da parte dei Vigili del Fuoco di Padova di adottare le

seguenti prescrizioni legate al piano interrato, in particolare nei locali magazzini generi alimentari:

- installazione di un impianto di ventilazione meccanica per l'estrazione di fumi e dei gas caldi di incendio;
- limitazione del carico di incendio a $15 \text{ [kg/m}^2\text{]}$ di legna standard equivalente, corrispondenti a circa $280 \text{ [MJ/m}^2\text{]}$;
- realizzazione di un impianto di spegnimento automatico dell'incendio, considerata la non diretta accessibilità dall'esterno ai locali di deposito di materiali combustibili.

L'impianto, realizzato conformemente alla norma UNI 12845:2005 "*Installazioni fisse antincendio - Sistemi automatici a sprinkler - Progettazione, installazione e manutenzione*" viene mantenuto costantemente in pressione allo scopo di portare rifornimento idrico ad un numero di ugelli pari a 25 opportunamente distribuiti a servizio di un'area di circa $150 \text{ [m}^2\text{]}$. Considerata la classe ordinaria (OH) del rischio incendio in relazione alla natura del locale da proteggere che vede lo stoccaggio di generi alimentari, le testine sprinkler sono caratterizzate da una pressione di 0,35 bar e da un fattore K pari a 80, garantendo dunque una portata di $47,7 \text{ l/min}$ ciascuna. L'impianto dunque si configura con la tipologia ad umido ed è composto da tubazioni metalliche a vista che percorrono il soffitto degli ambienti, con diametri pari a 2" per il canale di distribuzione principale, $1 \frac{1}{2}$ " per le diramazioni, 1" per il canale all'ugello. Inoltre, la riserva idrica ad uso esclusivo antincendio risulta essere composta da 6 serbatoi da circa $1,62 \text{ m}^3$ ciascuno, per un totale di $9,72 \text{ m}^3$ di cui 8 m^3 ; ciascun serbatoio risulta inoltre annesso all'acquedotto tramite tubazione da $2 \frac{1}{2}$ " per il reintegro.

Risulta tuttavia necessario estendere l'impianto esistente alla porzione di superficie del piano interrato destinata a "locale centrale idrica e trattamento d'aria" e "vestiario personale", come indicato in allegato A.1, eventualmente resi indipendenti dal locale "magazzino generi alimentari" attraverso l'installazione di una porta tagliafuoco. In questo modo, non risulterà necessario integrare la riserva idrica ed aumentare il sistema di pompaggio in quanto il funzionamento della nuova porzione di impianto risulterà indipendente da quella già esistente

1.2.2 Impianto idrico antincendio naspi ed idranti

L'impianto idrico antincendio nasce dall'esigenza di proteggere le aree interne dell'edificio in quanto classificate come locali di livello 2 di pericolosità, nelle quali c'è una presenza non trascurabile di materiali combustibili e che presentano un moderato rischio di incendio come

probabilità di innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza.

L'impianto è stato realizzato in conformità alla Norma UNI 10779:2007 "*Impianti di estinzione incendi, reti idranti*" che specifica i requisiti minimi da soddisfare nella progettazione, installazione ed esercizio degli impianti idrici permanentemente in pressione, destinati all'alimentazione di idranti e naspi antincendio

A tale scopo l'impianto viene mantenuto permanentemente in pressione per il rifornimento di:

- n.5 idranti UNI 45 a parete;
- n. 21 naspi UNI 25 a parete;
- n.1 attacco motopompa UNI 70 su pozzetto, la cui massima pressione è di 12 bar.

Gli idranti e i naspi sono posizionati in modo che ogni parte dell'attività sia raggiungibile con il getto dell'acqua di almeno un idrante o naspo, considerando il getto dell'acqua lungo 5 m, e comunque in posizione ben visibile e facilmente raggiungibile, in prossimità di uscite di emergenza o vie di fuga in modo da non ostacolare l'esodo dai locali.

Quelli all'interno dei fabbricati sono ubicati nel rispetto del criterio generale di cui sopra ed in modo che:

- ogni apparecchio protegga non più di 1000 [m^2];
- ogni punto dell'area protetta disti al massimo 20 [m] da essi.

La rete antincendio è composta da tubazioni metalliche fuori terra e a vista., la cui linea principale è di diametro $2''^{1/2}$.

L'impianto dunque è in grado di garantire una portata, per ciascun idrante a muro DN 45, non minore di 120 [l/min] ad una pressione residua non minore di 2 bar considerando simultaneamente operativi 0 idranti nella posizione idraulicamente più sfavorevole.

A protezione dell'area esterna risulta tuttavia necessaria l'ulteriore installazione di n.2 idranti a colonna UNI 70 caratterizzati da una portata di 300 l/min per una durata non inferiore a 60 min e posti alle estremità dell'edificio e comunque non distanti più di 60 m tra loro e 5-10 m dall'edificio; si veda allegato A.2

1.3 Caratteristiche di natura impiantistica per il procedimento di deroga

Nell'ottica di realizzazione di interventi di natura architettonica per la ristrutturazione del secondo piano allo scopo di creare una struttura alberghiera contenente un numero massimo di 25 posti, risulta necessario prevederne anche l'adeguamento antincendio per attività di tipo alberghiero oltre che per attività di pubblico spettacolo relativamente alla Sala Rossini, collocata al primo piano.

In questo contesto dunque lo stabilimento Pedrocchi, secondo DPR 151/2011, assume la configurazione sotto il profilo antincendio, come riportata in Tabella 1.3-1:

Tabella 1.3-1: configurazione del Caffè Pedrocchi sotto il profilo antincendio

Attività	Collocazione	Normativa di riferimento	Note
N.65 A– pubblico spettacolo	Sala Rossini – primo piano	DM 19/8/1996	
N.66 – attività alberghiera	Intero piano secondo	DM 9/4/1994	La capacità è di 25 posti letto per cui l'attività non risulta sotto il controllo dei vigili del fuoco ma comunque regolamentata da normativa antincendio
N.69 A – attività museale	Intero piano primo (ad oggi comprensivo della Sala Rossini)		CPI già ottenuto
N.72 – edificio storico		Linea guida per la valutazione in deroga dei progetti di edifici sottoposti a tutela DM 20/05/92, n. 569	Nei casi in cui negli edifici tutelati sono introdotte nuove destinazioni d'uso, deve essere rispettata la regola tecnica per nuove costruzioni relativa alla nuova attività
N.74 A - caldaia	Piano terzo sottotetto	DM 12/4/1996	CPI già ottenuto

Nel seguito verranno dunque trattati tutti gli aspetti essenziali di natura impiantistica prescritti dalle normative suddette andando dunque a valutare rispetto allo stato di fatto quali sono le prescrizioni rispettate e quali invece saranno da adeguare. Tale analisi risulta necessaria in

fase di valutazione del progetto per la deroga, una volta considerate le prescrizioni relativamente alla protezione passiva dell'edificio e comunque il rispetto del vincolo imposto all'immobile

1.3.1 Il DM 19/8/1996: locali di pubblico spettacolo

Considerando la superficie della Sala Rossini di circa 188 m² ed una densità di affollamento pari a 0,7 pp/m², si prevede una capienza massima pari a 132. Il Titolo XV disciplina le prescrizioni da rispettare relativamente ai mezzi ed impianti di estinzione degli incendi, sottolineando comunque la realizzazione a regola d'arte degli stessi e la conformità alle normative di prodotto.

1.3.1.1 Estintori

“Tutti i locali devono essere dotati di un adeguato numero di estintori portatili.

Gli estintori devono essere distribuiti in modo uniforme nell'area da proteggere, è comunque necessario che almeno alcuni si trovino:

- in prossimità degli accessi;*
- in vicinanza di aree di maggior pericolo.*

Gli estintori devono essere ubicati in posizione facilmente accessibile e visibile; appositi cartelli segnalatori devono facilitarne l'individuazione, anche a distanza. Gli estintori portatili devono essere installati in ragione di uno ogni 200 m² di pavimento, o frazione, con un minimo di due estintori per piano, fatto salvo quanto specificamente previsto in altri punti del presente allegato.

Gli estintori portatili dovranno avere capacità estinguente non inferiore a 13A 89BC; a protezione di aree ed impianti a rischio specifico devono essere previsti estintori di tipo idoneo.”

Vista la presenza di un numero di estintori portatili all'interno della Sala Rossini pari a 2 di capacità non inferiore a 21A in prossimità degli accessi, la prescrizione risulta ampiamente rispettata. Inoltre, risultano posizionati ulteriormente n.4 estintori lungo la via d'esodo, in posizione conforme a quanto prescritto dalla normativa.

1.3.1.2 Naspi

“Devono essere installati almeno naspi DN 20 nei seguenti casi:

- locali, di cui all'art. 1, comma 1, lettere a) e c), con capienza non superiore a 150 persone;*
- locali, di cui all'art. 1, comma 1, lettere b), d), e), f), con capienza superiore a 300 persone e non superiore a 600 persone.²*

Ogni naspo deve essere corredato da una tubazione semirigida lunga 20 m, realizzata a regola d'arte.

Il numero e la posizione dei naspi devono essere prescelti in modo da consentire il raggiungimento, con il getto, di ogni punto dell'area protetta.

I naspi possono essere collegati alla normale rete idrica, purché questa sia in grado di alimentare in ogni momento contemporaneamente, oltre all'utenza normale, i due naspi in condizione idraulicamente più sfavorevole, assicurando a ciascuno di essi una portata non inferiore a 35 l/min ed una pressione non inferiore a 1,5 bar, quando sono entrambi in fase di scarica.

L'alimentazione deve assicurare un'autonomia non inferiore a 60 min.

Qualora la rete idrica non sia in grado di assicurare quanto sopra prescritto, deve essere predisposta un'alimentazione di riserva, capace di fornire le medesime prestazioni.”

Considerato l'adeguamento della Sala Rossini come definito dal punto e) del DM 19/8/1996, Art.1 comma 1, *“locali di trattenimento, ovvero locali destinati a trattenimenti ed attrazioni varie, aree ubicate in esercizi pubblici ed attrezzate per accogliere spettacoli, con capienza superiore a 100 persone”*; la normativa non prevede la presenza di naspi DN 25, tuttavia vi è

² **Art. 1 - Campo di applicazione**

1. Il presente decreto ha per scopo l'emanazione di disposizioni di prevenzione incendi riguardanti la progettazione, la costruzione e l'esercizio dei sottoelencati locali:

- a) teatri;(6)
 - b) cinematografi;
 - c) cinema-teatri;
 - d) auditori e sale convegno;
 - e) locali di trattenimento, ovvero locali destinati a trattenimenti ed attrazioni varie, aree ubicate in esercizi pubblici ed attrezzate per accogliere spettacoli, con capienza superiore a 100 persone;
 - f) sale da ballo e discoteche;
 - g) teatri tenda;
 - h) circhi;
 - i) luoghi destinati a spettacoli viaggianti e parchi di divertimento;
 - l) luoghi all'aperto, ovvero luoghi ubicati in delimitati spazi all'aperto attrezzati con impianti appositamente destinati a spettacoli o intrattenimenti e con strutture apposite per lo stationamento del pubblico.
- Rientrano nel campo di applicazione del presente decreto i locali multiuso utilizzati occasionalmente per attività di intrattenimento e pubblico spettacolo.

la presenza di n.1 naspo nel locale ripostiglio adiacente alla sala stessa e di n.1 naspo nella Sala Romana che permettono comunque il raggiungimento dell'area da proteggere con l'estensione della tubazione semirigida di lunghezza 20 m.

1.3.1.3 Idranti DN 45

“Devono essere installati impianti idrici antincendio con idranti nei seguenti casi:

- locali, di cui all'art. 1, comma 1, lettere a) e c), con capienza superiore a 150 persone;*
- locali, di cui all'art. 1, comma 1, lettere b), d), e), f), con capienza superiore a 600 persone.*

Gli impianti devono essere costituiti da una rete di tubazioni preferibilmente ad anello, con montanti disposti nelle gabbie delle scale o comunque in posizione protetta; dai montanti devono essere derivati gli idranti DN 45.

Devono essere soddisfatte le seguenti prescrizioni:

- a) al bocchello della lancia dell'idrante posizionato nelle condizioni più sfavorevoli di altimetria e distanza deve essere assicurata una portata non inferiore a 120 l/min ed una pressione residua di almeno 2 bar;*
- b) il numero e la posizione degli idranti devono essere prescelti in modo da consentire il raggiungimento, con il getto, di ogni punto dell'area protetta, con un minimo di due idranti;*
- c) l'impianto idraulico deve essere dimensionato in relazione al contemporaneo funzionamento del seguente numero di idranti:*
 - n. 2 idranti per locali di superficie complessiva fino a 5.000 m²;*
 - n. 4 idranti per locali di superficie complessiva fino a 10.000 m²;*
 - n. 6 idranti per locali di superficie complessiva superiore a 10.000 m²;*
- d) gli idranti devono essere ubicati in posizioni utili all'accessibilità ed all'operatività in caso d'incendio;*
- e) l'impianto deve essere tenuto costantemente in pressione;*
- f) le tubazioni di alimentazione e quelle costituenti la rete devono essere protette dal gelo, dagli urti e dal fuoco.”*

Non vi è la presenza di idranti DN 45 a copertura dell'area adibita a pubblico spettacolo, tuttavia non è prescritto dalla normativa.

1.3.1.4 Attacchi per il collegamento con le autopompe V.V.F.

“Devono prevedersi attacchi di mandata DN 70 per il collegamento con le autopompe V.V.F., nel seguente numero:

- n. 1 al piede di ogni colonna montante, nel caso di edifici con oltre tre piani fuori terra;*
- n. 1 negli altri casi.*

Detti attacchi devono essere predisposti in punti ben visibili e facilmente accessibili ai mezzi di soccorso.”

Vi è la presenza di attacco di mandata per autopompa a servizio dell'intero edificio.

1.3.1.5 Impianto di spegnimento automatico a pioggia (impianto sprinkler)

“Oltre che nei casi previsti ai punti precedenti, deve essere installato un impianto di spegnimento automatico a pioggia (impianto sprinkler) a protezione degli ambienti con carico d'incendio superiore a 50 kg/m² di legna standard

Gli impianti idrici ed i relativi erogatori devono essere realizzati a regola d'arte secondo le norme UNI 9489, 9490 e 9491.”

Il carico di incendio corrispondente a 50 kg/m² di legna standard risulta pari a circa 930 MJ/m², abbondantemente maggiore rispetto a quello presente di circa 400 MJ/m², considerato facendo riferimento a densità di carico di incendio relativa ai teatri e/o cinema presente in tabella S.2-7 del Codice di Prevenzione incendi DM 03/08/2015, riportata in Figura 1.3-1. Non risulta dunque prescritta l'installazione di tale impianto nell'area interessata.

Attività	Valore medio (MJ/m ²)	Frattile 80% (MJ/m ²)
Civili abitazioni	780	948
Ospedali (stanza)	230	280
Alberghi (stanza)	310	377
Biblioteche	1500	1824
Uffici	420	511
Scuole	285	347
Centri commerciali	600	730
Teatri (cinema)	300	365
Trasporti (spazio pubblico)	100	122

Figura 1.3-1: Tabella S.2-7 del DM 03/08/2015 relativa alla determinazione statistica del carico di incendio, suddivisa per attività in riferimento alla UNI EN 1991-1-2:2004

1.3.1.6 Impianto di rivelazione e segnalazione automatica degli incendi

Il Titolo XVI disciplina l'installazione dell'impianto di rivelazione ed allarme con la seguente prescrizione:

“Oltre che nei casi previsti ai punti precedenti, deve essere installato un impianto di rivelazione e segnalazione automatica degli incendi a protezione degli ambienti con carico d'incendio superiore a 30 kg/m² di legna standard. Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte secondo le norme UNI 9795.”

Il carico di incendio corrispondente a 30 kg/m² di legna standard risulta pari a circa 560 MJ/m², abbondantemente maggiore rispetto a quello presente di circa 400 MJ/m², come visto al paragrafo precedente 1.3.1.5. Non risulta dunque prescritta l'installazione di tale impianto nell'area interessata; tuttavia, come risulta da allegati (A.1 -A.3), è presente un sistema di rivelazione fumi conforme alla UNI 9795:2010, con la funzione di segnalazione audio- visiva e pulsante manuale, a servizio dell'intero piano interrato, piano terra e del piano primo. Risulta tuttavia opportuno integrare tale impianto della funzione di attivazione degli impianti di controllo dell'incendio, relativamente alle zone dell'edificio in cui questi si estendono.

1.3.2 *Il DM 9/4/1994: attività ricettive*

Il Titolo III disciplina le prescrizioni da rispettare relativamente alle attività alberghiere con capacità non superiore ai 25 posti letto. In questo contesto, non vengono impartite particolari prescrizioni relativamente ai mezzi ed impianti di estinzione degli incendi, se non per quanto riguarda gli estintori, le cui disposizioni corrispondo a quelle del DM 19/8/1996 (vedi

1.3.1.1). Tuttavia, attualmente sono presenti estintori in numero pari a 9 di capacità non inferiore a 21A. L'area del secondo piano adibito ad attività ricettiva è approssimativamente pari a 705 m², per cui il numero di estintori già presenti rispetta la prescrizione; inoltre vi è la presenza di n.3 naspi DN 25.

1.3.3 Linea guida per la valutazione in deroga dei progetti di edifici sottoposti a tutela

Come già visto in precedenza, il rispetto delle prescrizioni impartite dalle normative antincendio, soprattutto per quanto riguarda le protezioni passive, non è sempre possibile quando si parla di edificio sottoposto a tutela ai sensi del D.Lgs 22 gennaio 2004, n.42, a causa del vincolo imposto che comporta l'imprescindibile dovere di conservazione dell'opera in quanto tale e di conseguenza l'impossibilità di intervenire a livello logistico all'interno dell'opera per l'adeguamento antincendio. Come schematizzato in Figura 1.3-2, nella pratica si provvede dunque a ricercare soluzioni in deroga a quelle previste dalle regole tecniche specifiche, secondo quanto previsto dall'Art.6 del Decreto 07/08/2012. In questo contesto la Linea guida pubblicata nel gennaio 2016 risulta un utile strumento per procedere alla progettazione attraverso la valutazione del rischio e all'individuazione di misure antincendio più opportune, richiamando in maniera particolare la struttura del Codice di prevenzione incendi, DM 03/08/2015, come si può notare in Figura 1.3-3.

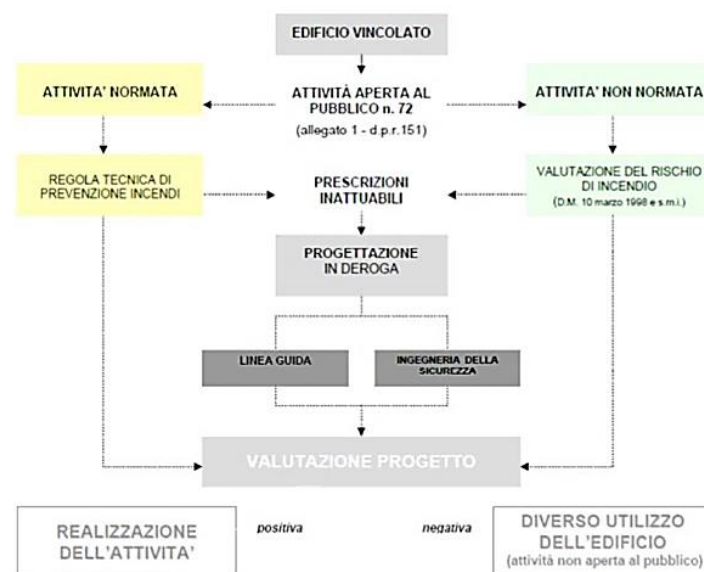


Figura 1.3-2: Schematizzazione dei procedimenti di prevenzione incendi nell'ambito di un edificio vincolato (attività 72 secondo DPR 151/11) per attività aperta al pubblico

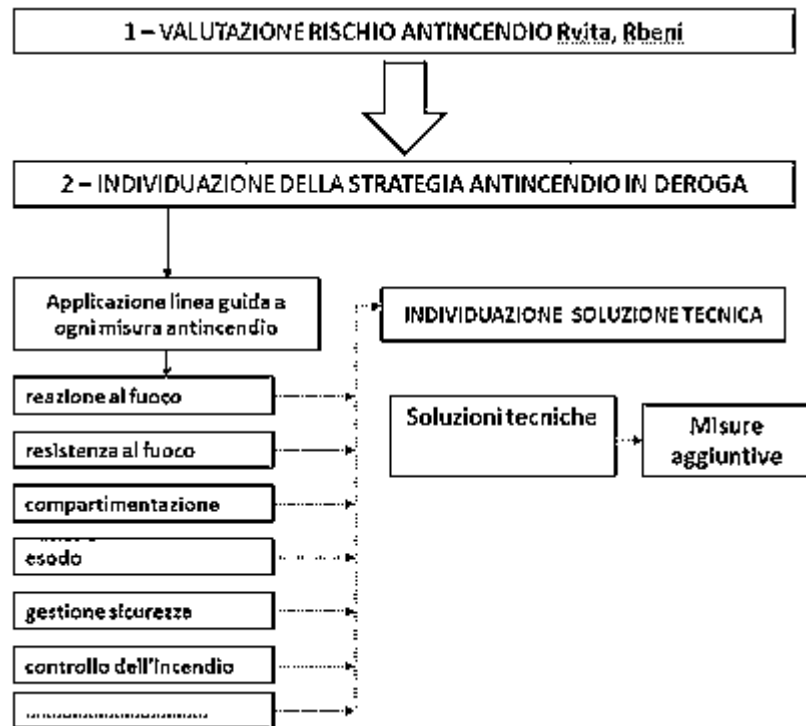


Figura 1.3-3: Linea guida per la valutazione del rischio e l'individuazione di soluzioni tecniche nell'ambito del procedimento di deroga, secondo DM 03/08/15

Coerentemente con l'oggetto di questa tesi, si andranno dunque a discutere le soluzioni previste dalla strategia antincendio relativamente alla protezione attiva.

1.3.3.1 Valutazione del rischio

Per la valutazione del profilo di rischio Rvita si procede identificando:

- caratteristiche degli occupanti, individuate in Tabella 1.3-2;

Tabella 1.3-2: individuazione delle caratteristiche degli occupanti in relazione all'attività considerata, secondo tabella G.3-1 del DM 03/08/2015

Attività	Occupanti
N. 65 - Locale di pubblico spettacolo	B – gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio
N. 66 – Attività alberghiera	Ciii – Gli occupanti possono essere addormentati in attività gestita di breve durata

- velocità caratteristica di crescita dell'incendio, individuate in Tabella 1.3-3.

Tabella 1.3-3: individuazione della velocità caratteristica di crescita dell'incendio in relazione all'attività considerata, secondo tabella G.3-2 del DM 03/08/2015

Attività	Velocità caratteristica di crescita dell'incendio α [s]
N. 65 - Locale di pubblico spettacolo	300 media – tappezzerie, mobili in legno, tessuti
N. 66 – Attività alberghiera	300 media – tappezzerie, mobili in legno, tessuti

Riassumendo:

Attività	Velocità caratteristica di crescita dell'incendio α [s]
N. 65 - Locale di pubblico spettacolo	B2
N. 66 – Attività alberghiera	Ciii2

Relativamente alla valutazione del profilo di rischio R_{beni} questo risulta pari a 2, secondo tabella G.3-6 del Codice riportata in Figura 1.3-4, essendo il Pedrocchi un'opera strategica, ma non vincolata. Il rischio $R_{ambiente}$ in questo caso può essere considerato non significativo in quanto mitigato dall'applicazione di tutte le misure antincendio connesse ai profili R_{vita} e R_{beni} .

		Opera da costruzione vincolata	
		No	Sì
Opera da costruzione strategica	No	$R_{beni} = 1$	$R_{beni} = 2$
	Sì	$R_{beni} = 3$	$R_{beni} = 4$

Figura 1.3-4: Tabella G.3-6 del DM 03/06/2015 relativa alla valutazione di R_{beni}

Come già esposto nelle note di Tabella 1.3-1, per quanto concerne l'attività alberghiera non risulta sottoposta al controllo dei Vigili del Fuoco visto il numero massimo di posti letto pari a 25; per tale motivo non rientra nel campo di applicazione della linea guida e viene considerata nel corso dell'analisi solo l'attività 65 di pubblico spettacolo.

1.3.3.2 Individuazione della strategia antincendio in deroga

- Controllo dell'incendio (par. III.6)

Si prevede un livello di prestazione IV caratterizzato dalla protezione di base, protezione manuale e protezione automatica estesa a porzioni dell'attività. Considerata la presenza di estintori e l'esistenza della rete idranti, si provvederà dunque ad installare un sistema automatico ad acqua, progettato, installato ed esercito secondo la normativa UNI CEN/TS 14975, "Sistemi ad acqua nebulizzata Water Mist", considerati soluzione tecnica. Tale impianto si estenderà in particolare a tutta la Sala Rossini, le sale circostanti e le rispettive vie d'esodo; nonché può essere estendibile all'intero piano secondo destinato all'attività alberghiera, allo scopo di aumentare l'ASET degli occupanti.

In questo modo verranno garantiti i presidi per il controllo dell'incendio anche in relazione all'affollamento e alla massima quota dei piani ($H_A < 12$ m), previsti dalle misure aggiuntive in tabella N₃ della linea guida stessa, riportata in Figura 1.3-5.

65	Locali di spettacolo, ecc.	B2	2	A	—	—	—	—	—	—
				B	100 < p < 200	II	III	III	III	III
				C	200 < p < 500	III	III	III	III	III
				C	500 < p < 1000	III	III	IV	IV	IV
				C	p > 1000	III	III	IV	IV	IV
		B3		A	—	—	—	—	—	—
				B	100 < p < 200	III	III	III	III	III
				C	200 < p < 500	III	III	III	IV	IV
				C	500 < p < 1000	III	III	III	IV	V
				C	p > 1000	IV	IV	V	V	V

Figura 1.3-3: Tabella N₃ della linea guida per la valutazione in deroga nella progettazione degli edifici sottoposti a tutela

- Rivelazione ed allarme (par. III.7)

Si dispone la soluzione che prevede la protezione estesa a porzioni dell'attività. In particolare, considerata la presenza di un impianto automatico esistente di rivelazione ed allarme per il piano interrato, piano terra e piano primo risulta necessario integrare la funzione di attivazione degli impianti di protezione attiva di tipo automatico su comando della centrale, come già visto nel paragrafo 1.3.1.6.

Le funzioni minime previste sono quelle individuate dalle lettere A, B, D, L, C, E, F, G, H descritte in maniera specifica in Figura 1.3-6 e 1.3-7.

Inoltre, è possibile estendere tale impianto anche al piano secondo, in funzione della configurazione dell'attività ricettiva, allo scopo di poter aumentare l'ASET (*Available Safe Escape Time*) degli occupanti.

A, Rivelazione automatica dell'incendio
B, Funzione di controllo e segnalazione
D, Funzione di segnalazione manuale
L, Funzione di alimentazione
C, Funzione di allarme incendio
E, Funzione di trasmissione dell'allarme incendio
F, Funzione di ricezione dell'allarme incendio
G, Funzione di comando del sistema o attrezzatura di protezione contro l'incendio
H, Sistema o impianto automatico di protezione contro l'incendio
J, Funzione di trasmissione dei segnali di guasto
K, Funzione di ricezione dei segnali di guasto
M, Funzione di controllo e segnalazione degli allarmi vocali
N, Funzione di ingresso e uscita ausiliaria
O, Funzione di gestione ausiliaria (<i>building management</i>)

Figura 1.3-4: Funzioni minime previste da un impianto di rivelazione e segnalazione dell'allarme incendio

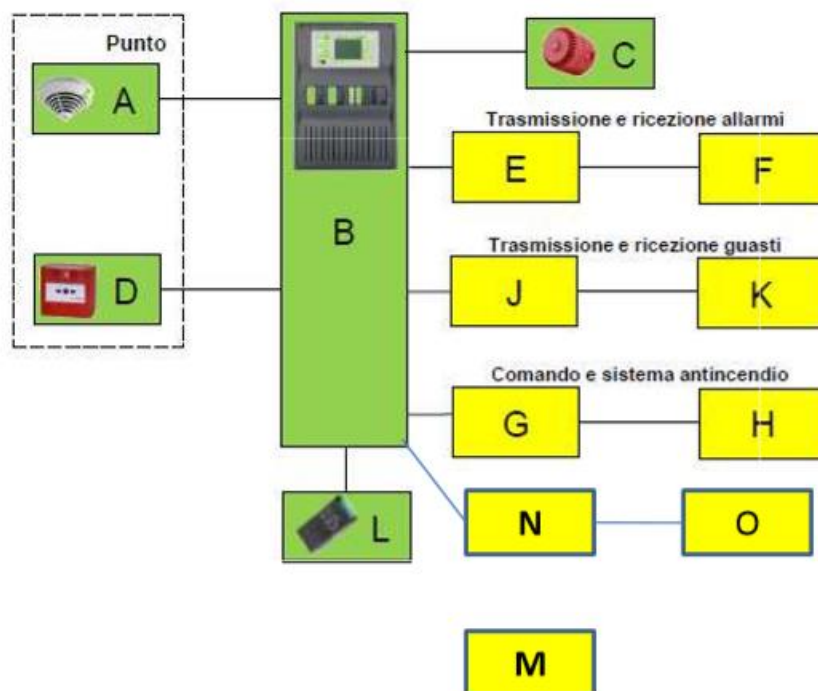


Figura 1.3-5: Schema di funzionamento di un impianto di rivelazione e segnalazione di un allarme incendio

In questo modo verranno garantite le soluzioni per la rivelazione ed allarme anche in relazione all'affollamento e alla massima quota dei piani, previsti dalle misure aggiuntive della tabella O2 della linea guida, riportata in Figura 1.3-8.

B5	Locali di spettacolo, ecc	B2	2	A	—	—	—	—	—
				B 100 < p <= 200	1	1	2	2	
				C 200 < p <= 500	1	1	2	2	
				C 500 < p <= 1000	1	1	2	2	
				C p > 1000	1	2	2	2	
		B3		A	—	—	—	—	—
				B 100 < p <= 200	1	1	1	2	2
				C 200 < p <= 500	1	1	2	2	2
				C 500 < p <= 1000	1	2	2	2	2
				C p > 1000	2	2	2	2	2

Figura 1.3-8: Tabella O2 della linea guida per la valutazione in deroga nella progettazione degli edifici sottoposti a tutela

- Controllo di fumi e calore

Non risulta possibile l'installazione di sistemi di evacuazione di fumo e calore (SEFFC); tuttavia bisogna verificare il possibile utilizzo delle aperture presenti come superfici di smaltimento attraverso un sistema di evacuazione di tipo naturale (SENFC).

Come già visto in precedenza, considerando infatti che il carico di incendio risulta inferiore a 600 MJ/m², in riferimento alla Tabella S.2-7 del Codice, risulta necessaria una superficie minima di smaltimento pari a A/40, secondo la tabella S.8-4 del Codice riportata in Figura 1.3-9.

Tipo	Carico di incendio specifico q_f	Superficie utile minima delle aperture di smaltimento S_{sm}	Requisiti aggiuntivi
SE1	$q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	$A / 40$	-
SE2	$600 < q_f \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	$A \cdot q_f / 40000 + A / 100$	-
SE3	$q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$	$A / 25$	10% di S_{sm} di tipo Sea o SEb o SEC
A -superficie lorda del piano del compartimento [m ²]; S_{sm} -superficie utile delle aperture di smaltimento [m ²]			

Figura 1.3-9: Tabella S.2-7 del DM 03/06/2015 relativa al dimensionamento delle aperture di smaltimento

Considerando dunque la presenza di aperture di tipo bassofondenti che garantiscono nel caso incendio una ventilazione caratterizzata da una superficie di circa 28 m² risulta abbondantemente rispettata la prescrizione di A/40 in relazione alla superficie totale della Sala Rossini di circa 188 m².

1.3.4 Il DM 20/12/12: Decreto impianti

Ciò che disciplina la progettazione, la costruzione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti di protezione attiva di nuova costruzione ed esistenti, installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, è il DM 20/12/12, che in primis richiama all'Art.4 gli obblighi di responsabilità relativi alla regola d'arte degli impianti secondo quanto prescritto dalle specifiche regolamentazioni, dalle norme di buona tecnica e dalle istruzioni fornite dal fabbricante. In generale, il presente decreto richiede la redazione di un progetto per l'installazione, la trasformazione e l'ampliamento degli impianti da parte di un tecnico abilitato. Nel caso in cui tali impianti venissero realizzati secondo le norme pubblicate da organismi di standardizzazione internazionalmente riconosciuti nel settore antincendio (es. NFPA – *National Fire Protection Association*), il progetto dovrà essere redatto da un professionista antincendio.

Considerato che le regole tecniche che regolamentano le attività di pubblico spettacolo (DM 19/8/1996) e ricettive (DM 9/4/1994) sono entrate in vigore prima del Decreto impianti, questo dunque sarà integrativo delle disposizioni contenute nei provvedimenti visti in precedenza, identificando in particolare le caratteristiche minime dell'alimentazione, secondo la Tabella 1 relativamente alla rete idranti, riportata in Figura 1.3-10 e la Tabella 2 relativa all'impianto sprinkler, riportata in Figura 1.3-11.

Nello specifico l'alimentazione idrica si suddivide in:

- singola che può essere costituita da: a) un acquedotto; b) un acquedotto con una o più pompe di surpressione; c) un serbatoio a pressione (solo per LH e OH1); d) un serbatoio a gravità; e) un serbatoio di accumulo con una o più pompe; f) una sorgente inesauribile con una o più pompe.
- singola superiore per l'elevato grado di affidabilità;³

³ Affinché un'alimentazione sia considerata ad alta affidabilità può essere realizzata in uno dei seguenti modi:

- una riserva virtualmente inesauribile;
 - due serbatoi o vasche di accumulo, la cui capacità singola sia pari a quella minima richiesta dall'impianto, dotati di rinalzo;
 - due tronchi di acquedotto che non interferiscano fra loro nell'erogazione, non siano alimentati dalla stessa sorgente, salvo che virtualmente inesauribile.
- Tale alimentazione deve essere collegata alla rete antincendio tramite due gruppi di pompaggio, composti da una o più pompe, ciascuno dei quali in grado di assicurare le prestazioni richieste secondo una delle seguenti modalità:
- una elettropompa e una motopompa, una di riserva all'altra;
 - due elettropompe, ciascuna con portata pari alla metà del fabbisogno ed una moto-pompa di riserva avente portata pari al fabbisogno totale;
 - due motopompe, una di riserva all'altra;

- doppia che consiste in due alimentazioni singole in cui ogni alimentazione è indipendente dall'altra.

1.3.4.1 Disposizioni per la rete idranti

In Figura 1.3-7 sono riportate le prescrizioni imposte dal DM 20.12.12 relativamente alla rete idranti installata all'interno dell'edificio. Nonostante le capacità degli ambienti interesse di studio prevedano una classificazione corrispondente ad un livello di pericolosità pari a 1 secondo la norma UNI 10779, si considerano comunque le disposizioni considerando un livello di pericolosità pari a 2 in relazione al dimensionamento dell'impianto antincendio esistente.

RETI DI IDRANTI ^[3]					
Attività	Disposizione vigente	Classificazione secondo disposizione vigente	Livello di pericolosità secondo la norma UNI 10779	Protezione esterna SI/NO (1) [4]	Caratteristiche minime dell'alimentazione idrica richiesta, secondo la norma UNI 12845
Locali di pubblico spettacolo	DM 19.8.1996	- Teatri e cinemateatri, teatri tenda e strutture similari, installati in modo permanente, con capienza ≤ 150 persone.	1	No	Singola
		- Cinematografi, auditori e sale convegno, locali di trattenimento, discoteche e simili con capienza > 300 pers. e ≤ 600 pers.			
		- Teatri e cinemateatri, teatri tenda e strutture similari, installati in modo permanente, con capienza > 150 persone.	1 (per locali con superficie ≤ 5000 mq)	SI (per Teatri e cinema-teatri, teatri tenda e strutture similari, installati in modo permanente, con capienza > 1000 persone)	Singola
		- Cinematografi, auditori e sale convegno, locali di trattenimento, discoteche e simili con capienza > 600 persone.	2 (per locali con superficie > 5000 mq ≤ 10000 mq)	SI (per cinematografi, auditori e sale convegno, locali di trattenimento, discoteche e simili con capienza > 2000 persone)	Singola superiore (per teatri superiori a 2000 posti e per i restanti locali di superficie > 10 000 mq.)
		Circhi, parchi di divertimento e spettacoli viaggiatori	No	No SI (per i parchi divertimento)	----- Singola
		Teatri tenda e strutture similari installati in modo permanente	-----	No (prevedere solo l'installazione di un idrante con attacchi DM 70)	-----
Attività ricettive	DM 9.4.1994	Capacità > 25 e ≤ 100 posti letto	1	No	Singola
		Capacità > 100 e ≤ 500 posti letto	2	No	Singola
		Capacità > 500 posti letto o altezza oltre 32 m	2	SI	Doppia

Figura 1.3-10: Tabella 1 del DM 20/12/12 relativa alle disposizioni per le caratteristiche minime dell'alimentazione idrica richiesta per la rete idranti, in relazione alle attività considerate.

Da tabella si evince quindi che per i suddetti locali l'alimentazione idrica più idonea è quella singola, che come visto in precedenza è già presente, ed in quanto tale non necessita di modifiche.

- due elettropompe, una di riserva all'altra, con alimentazioni elettriche indipendenti. Ciascuna pompa deve avviarsi automaticamente

1.3.4.2 Disposizioni per l'impianto sprinkler

Il decreto permette l'installazione di altre tipologie di impianto di estinzione o controllo dell'incendio, oltre che al tradizionale sprinkler, come ad esempio l'impianto ad acqua nebulizzata per il quale risulta necessaria l'applicazione integrale della norma UNI CEN/TS 14972 o la NFPA 750. Tuttavia, per quanto concerne l'alimentazione idrica si seguono le disposizioni contenute nella normativa UNI EN 12845 relativa agli impianti sprinkler.

IMPIANTI SPRINKLER ^[1]				
Attività	Disposizione vigente	Ambienti nei quali è prescritto l'impianto sprinkler	Classificazione degli ambienti nei quali è prescritto l'impianto sprinkler	Caratteristiche minime dell'alimentazione idrica richiesta, secondo la norma UNI EN 12845 ^[2]
Locali di pubblico spettacolo	DM 19.08.1996	Ambienti indicati nel DM 19.8.1996 (Esempio: - Locali deposito e laboratorio con carica incendio > 30 kg/mq; - Locali esposizione e vendita con sup. > 10 mq; - Locali con carica incendio > 50 kg/mq; - Scene con palcoscenico di sup. > 150 mq)	Secondo norma UNI EN 12845	Singola Singola superiore (per teatri oltre 2000 posti o area complessiva superiore a 10.000 mq).
Attività ricettive	DM 9.4.1994	Se superiori al 1000 posti letto	Secondo norma UNI EN 12845	Doppia

Figura 1.3-11: Tabella 2 del DM 20/12/12 relativa alle disposizioni per le caratteristiche minime dell'alimentazione idrica richiesta per l'impianto sprinkler, in relazione alle attività considerate.

Anche in questo caso viene richiesta l'installazione di un'alimentazione idrica singola sia per il locale di pubblico spettacolo che per l'attività ricettiva. In particolare, si prevede un'alimentazione comune per l'impianto *Water Mist* a servizio delle due attività, opportunamente dimensionata nei capitoli a seguire.

Capitolo 2

La tecnologia Water Mist

Negli anni 90', a seguito del protocollo di Montreal sulla protezione dello strato di Ozono e della conseguente dismissione dell'Halon, nasce una nuova tecnologia di impianto antincendio basata sull'utilizzo di acqua nebulizzata e conosciuto come *Water Mist*. Il nuovo sistema si afferma inizialmente nel settore marino per poi espandersi nel corso degli anni anche nel mercato terrestre, sia a livello civile che industriale. In questo capitolo si andranno ad analizzare e descrivere le peculiarità di questo moderno sistema di controllo degli incendi e i rispettivi vantaggi; nonché le principali caratteristiche impiantistiche.

2.1 Caratteristiche e principali vantaggi

A differenza del tradizionale impianto sprinkler, il sistema *Water Mist* sfrutta tutta la potenza dell'acqua nella sua forma più efficace: l'acqua nebulizzata.

Grazie infatti alla finissima nebbia, formata da milioni di micro-gocce d'acqua di diametro 50-150 micron sparate ad alta velocità, il sistema assume una triplice azione di raffreddamento, inertizzazione e blocco della trasmissione del calore, rendendo rapido lo spegnimento di qualsiasi tipologia di incendio, in maniera particolare quelli di classe A (materiali solidi) e di classe B (liquidi infiammabili).

In generale, il funzionamento di questo impianto si sviluppa dalla stazione di pressurizzazione (a bombole, a pompa di azoto o con pompe elettriche volumetriche) che pompa l'acqua pressurizzata lungo le tubazioni fino all'attraversamento di particolari ugelli di erogazione i quali, grazie all'aumento della velocità radiale delle molecole d'acqua, la espellono attraverso orifizi in cui l'acqua si polverizza creando il cosiddetto effetto nebbia. Gli ugelli possono essere testine tipo sprinkler, che si attivano singolarmente al raggiungimento della temperatura di

taratura, oppure ugelli aperti per applicazioni “a diluvio”, attivati da sistemi di rivelazione fumo e calore, come descritti nel paragrafo 2.6.5.

2.1.1 Dimensione delle gocce

Generalmente l'impianto *Water Mist* si suddivide in diverse tipologie a seconda del valore di pressione di esercizio espressi in Tabella 2.1-1.

Tabella 2.1-1: Valori di pressione di esercizio in relazione alle diverse tipologie di impianto *Water Mist*.

	Tipologia di impianto		
	Bassa pressione	Media pressione	Alta pressione
Range di			
pressione di	$P \leq 12.1 \text{ bar}$	$12.1 \text{ bar} \leq P \leq 34.5 \text{ bar}$	$P \geq 34.5 \text{ bar}$
funzionamento			

Tra i tre sistemi, quello ad alta pressione risulta largamente utilizzato in quanto più efficace grazie allo sviluppo di microparticelle d'acqua caratterizzate da dimensione infinitesimale; in questo modo si ha la formazione di una nebbia ad alta densità che satura completamente l'ambiente raggiungendo anche le aree nascoste, fino alla completa estinzione dell'incendio e al raffreddamento dell'area interessata per prevenirne la diffusione e l'eventuale riaccensione. In particolare, la distribuzione delle dimensioni delle gocce si riferisce all'intervallo di dimensioni delle gocce contenute in campioni rappresentativi di una nuvola di nebulizzazione e in ragione di ciò l'NFPA 750 ha diviso le gocce prodotte da un sistema di nebulizzazione d'acqua in tre classi, considerando il 90% del volume dello spray (Dv09):

- Classe 1 caratterizzata da un Dv09 con gocce di dimensioni pari a 200 μm o meno.
- Classe 2 il cui Dv09 ha gocce comprese tra i 200 e 400 μm in diametro.
- Classe 3 con valori superiore a 400 μm .

Come si nota in Figura 2.1-1, le gocce più piccole ricoprono una superficie più ampia per l'evaporazione, l'estrazione del calore e l'attenuazione della radiazione, risultando quindi più efficienti nella soppressione del fuoco disponibile rispetto a quelle più grandi. Inoltre, piccole goccioline possiedono tempi di residenza più lunghi, permettendo di essere trasportati da correnti d'aria e assumendo un comportamento per lo più gassoso che permette una migliore

miscelazione. D'altro canto, questo comportamento "gassoso", dovuto alla bassa quantità di moto delle particelle stesse, fa in modo che le goccioline vengano trasportate dalle correnti d'aria prima che possano avvicinarsi alle fiamme: risulta dunque necessaria più energia per produrre goccioline sottili e trasferirle sul fuoco. Nonostante ciò, la capacità della nebbia d'acqua nella soppressione degli incendi si riduce con l'aumento delle dimensioni delle gocce o addirittura può succedere che con gocce troppo grandi si abbia un aumento delle dimensioni dell'incendio.

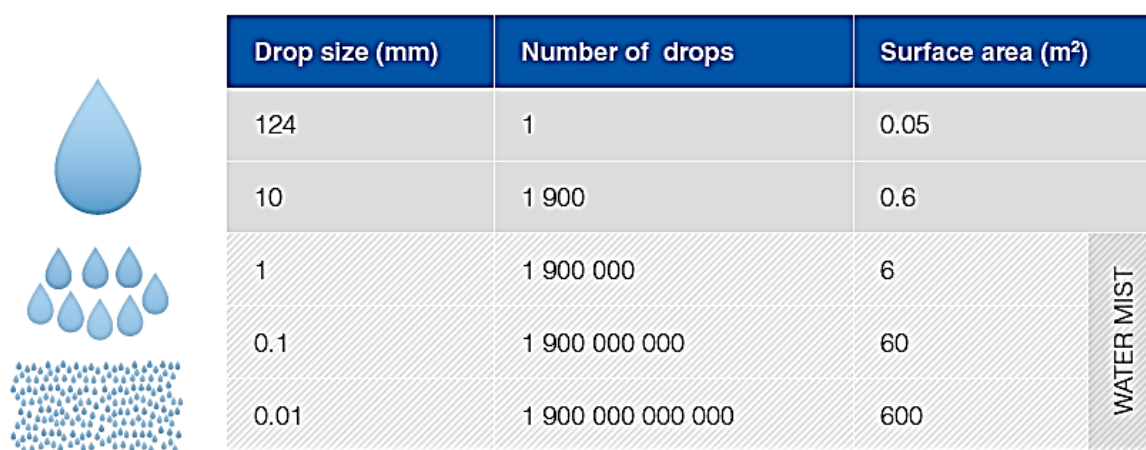


Figura 2.1-1: Confronto fra le dimensioni delle particelle per le diverse tipologie di impianto, dall'alto sprinkler tradizionale, water mist a bassa pressione, water mist ad alta pressione, in relazione alla superficie ricoperta durante la scarica d'acqua.

E' stata dunque effettuata una vasta gamma di test sperimentali con diversi scenari di incendio per identificare la dimensione ottimale delle gocce per la soppressione degli incendi; Andrews⁴ ha dimostrato che non esiste una dimensione ottimale delle goccioline valida per qualsiasi incendio in quanto la capacità di sopprimere il fuoco dipende da molti fattori, come le proprietà dei combustibili, il grado di ostruzione all'interno del compartimento e la dimensione del fuoco. Tuttavia, è risultato che una nebbia d'acqua con una distribuzione ben miscelata di goccioline fini e grossolane è più prestazionale rispetto ad una distribuzione omogenea di goccioline.

⁴ Andrews, S.P., "Literature Review: Fire Extinguishing by Water Sprays," Building Research Establishment, UK, Internal Report, 1992.

2.1.2 Densità di scarica

La densità del flusso si riferisce alla quantità di acqua spray erogata per unità di volume [Lpm / m^3] o per unità di superficie [Lpm / m^2]. In generale, all'interno di un compartimento sottoposto ad incendio, l'aumento della densità di scarica permette una riduzione più veloce delle temperature, ma avrà poco effetto sulla riduzione delle concentrazioni di ossigeno nel compartimento. Ad ogni modo, l'incendio si spegne solo quando il getto d'acqua raggiunge un valore minimo di densità di acqua erogata per rimuovere una certa quantità di calore o per raffreddare il combustibile, altrimenti continuerebbe a sostenersi.

Come nel caso precedente, dal momento che la nebbia d'acqua non si comporta come un vero agente gassoso, risulta difficile stabilire la concentrazione di goccioline d'acqua intesa come densità di scarica ottimale necessaria ad estinguere un incendio; tale valore infatti è determinato da molteplici fattori come quantità di moto, dimensioni dell'incendio, condizioni di ventilazione e geometria del compartimento. Inoltre, la distribuzione delle goccioline non risulta omogenea all'interno di un singolo cono di scarica d'acqua e per tale ragione anche la scelta del tipo di ugelli può influenzare la capacità di soppressione dell'incendio; alcuni concentrano un'alta percentuale d'acqua al centro dell'area del cono mentre altri tipi di ugelli possono avere una distribuzione più omogenea dello spray. Infine, quando i coni di spruzzatura di un gruppo di ugelli si sovrappongono ne risultano densità di flusso diverse punto per punto e sicuramente con valori differenti da quelli osservati con un singolo ugello in esercizio.

2.1.3 Quantità di moto

La quantità di moto della nebbia d'acqua si riferisce principalmente alla massa dello spray e alla velocità e direzione con cui viene scaricata rispetto allo sviluppo del pennacchio del fuoco. Nello specifico la quantità di moto determina se le gocce d'acqua possiedono energia sufficiente per penetrare nella fiamma e raggiungere la superficie del combustibile, ma allo stesso tempo determina il tasso di trascinamento dell'aria circostante all'interno delle fiamme. Questo tipo di turbolenza che si viene a generare permette una miscelazione tra le goccioline d'acqua e il vapore acqueo all'interno della zona di combustione, favorendo una diminuzione di concentrazione dell'ossigeno e dei vapori infiammabili fino alla completa soppressione del fuoco. In questo senso dunque la quantità di moto M_w [$kg \cdot m/s$] si riferisce non soltanto alla massa d'acqua considerata ma anche alla massa di vapore acqueo e aria trascinata dal *Water Mist* e viene espressa secondo la relazione (2.1).

$$M_w = (m_{wl} + m_{wv} + m_{wa}) * V_w$$

(2.1)

dove:

m_{wl} : massa del liquido [kg]

m_{wv} : massa del vapore [kg]

m_{wa} : massa dell'aria trascinata dal getto [kg]

V_w : vettore velocità del getto [m/s]

Anche in questo caso il valore della quantità di moto dipende da diversi fattori: dimensioni e velocità delle gocce, pressione di scarico e angolo del cono, la spaziatura degli ugelli, condizioni di ventilazione e la geometria del compartimento. Inoltre, il suo valore diminuisce gradualmente man mano che le goccioline si avvicinano alla superficie calda in quanto assumono dimensioni e velocità ridotte a causa del processo di evaporazione e caduta gravitazionale. Quando le gocce d'acqua vengono trascinate dal flusso d'aria a causa della forza di gravità, la massima distanza di caduta è principalmente controllata dalle dimensioni delle gocce e dalla temperatura circostante, prima che entrino nei gas caldi ed evaporino; Tale distanza di caduta X_{fall} [m] è espressa secondo la relazione (2.2) e comunque non considera la velocità verso l'alto prodotta dall'incendio.

$$X_{fall} = 2000 \frac{D_0 * L * \rho}{2 * kg * \Delta T}$$

(2.2)

dove:

D_0 : diametro delle gocce [μm]

L : calore latente di vaporizzazione [kJ/kg]

ρ : densità [kg/m³]

kg : conducibilità termica [W/mK]

ΔT : differenza di temperatura fra la goccia e l'aria circostante [K]

La tabella riportata in Figura 2.1-2 elenca le tipiche distanze di caduta X_{fall} a seconda delle diverse dimensioni delle goccioline e delle diverse temperature circostanti; in particolare tali valori di distanza si riducono con la riduzione del diametro della goccia e con l'aumento di temperatura. Per tale motivo nel caso di un soffitto alto, la quantità di moto delle gocce si

ridurrà notevolmente prima che queste raggiungano il fuoco, con conseguente incapacità di sopprimere l'incendio.

	D _d (Droplet Diameter, μm)					
T _a (°C)	1	10	50	100	500	1000
400	1.5 pm	15 nm	9.1 μm	146 μm	2.5 m	9.9 m
600	0.88 pm	9 nm	5.5 μm	87 μm	1.5 m	6.0 m
800	0.63 pm	6 nm	3.9 μm	63 μm	1.1 m	4.3 m
1000	0.49 pm	5 nm	3.0 μm	49 μm	0.8 m	3.3 m

Figura 2.1-2: Esempi di valori della distanza di caduta X_{fall} in relazione al diametro delle goccioline e alla temperatura circostante.

Per evitare tale fenomeno risulta dunque necessario che la quantità di moto del getto sia pari, in direzione opposta, alla quantità di moto delle fiamme; ovvero: $M_{wy} \geq M_{fy}$, dove M_{wy} e M_{fy} sono rispettivamente la componente “y” in direzione verticale della quantità di moto delle gocce e della fiamma.

Nello specifico, la quantità di moto della fiamma sul getto, M_f [kg*m/s], può essere espressa secondo la relazione (2.3):

$$M_f = (m_{fp} + m_{fg} + m_{fa}) * V_f \quad (2.3)$$

dove:

m_{fp} : massa dei prodotti di combustione [kg]

m_{fg} : massa dei gas di combustione [kg],

m_{fa} : massa dell'aria trascinata dalla fiamma [kg],

V_f : vettore velocità della fiamma [m/s],

2.1.4 Enclosure effect

Quando si verifica un incendio in un compartimento chiuso, la stanza si riscalda e la concentrazione di ossigeno nel compartimento si riduce gradualmente; mentre i gas caldi prodotti dalla reazione di combustione tendono a concentrarsi vicino al soffitto. In queste circostanze, con la scarica di nebbia d'acqua verso il basso dal soffitto, una certa quantità di acqua assorbendo il calore circostante viene convertita in vapore e trascina l'ossigeno e i vapori caldi in prossimità delle fiamme. Per tale motivo la capacità del compartimento di catturare il calore e confinare i prodotti della combustione e il vapore ha un importante

impatto sulle prestazioni estinguenti del *Water Mist*. Questo fenomeno definito come “*enclosure effect*” permette infatti di ridurre di 10 volte il valore della densità di scarica richiesto per l'estinzione dell'incendio rispetto ad un incendio non confinato e con un buon grado di ventilazione.

Il grado di *enclosure effect* dipende comunque da fattori quali la dimensione dell'incendio e dal volume del compartimento. Per quanto riguarda la dimensione dell'incendio si intende in che modo questo influenza l'andamento delle temperature e le concentrazioni di ossigeno all'interno del compartimento; ad esempio un fuoco di grandi dimensioni ridurrà questi valori in maniera rapida tale da ridurre il fenomeno della combustione già prima dell'introduzione del sistema di spegnimento. Inoltre, la grande quantità di calore rilasciata da un fuoco di grande entità favorisce l'evaporazione delle goccioline d'acqua, riducendo ulteriormente la concentrazione di ossigeno. Nel caso invece di fuochi con dimensioni minori si avrà minore rilascio calore e prodotti di combustione e di conseguenza l'entità dell'*enclosure effect* prima dell'attivazione del *Water Mist* sarà inferiore rispetto al caso precedente; per tale motivo l'estinzione di incendi con dimensione ridotta dipenderà quasi interamente dal raffreddamento diretto della superficie del combustibile.

2.1.5 Vantaggi

Questa nuova tipologia di impianto di spegnimento dell'incendio risulta una soluzione vantaggiosa rispetto al tradizionale impianto sprinkler o agli impianti a gas, soprattutto nel caso di edifici sottoposti a tutela. Il *Water Mist* grazie all'utilizzo dell'acqua nebulizzata offre:

- danni e tempi di inattività ridotti;
- flessibilità di installazione e configurazione, espandibilità;
- impatto architettonico ridotto grazie al design degli ugelli in armonia con le strutture;
- minimi requisiti di peso e spazio grazie alle tubazioni di piccole dimensioni;
- livello di soppressione e raffreddamento del fuoco equivalente o superiore agli impianti tradizionali a gas o sprinkler;
- tolleranza, seppure ridotta, di condizioni naturali di aerazione;
- protezione di locali e strutture mantenendone l'integrità e riducendo i danni collaterali normalmente causati dagli impianti tradizionali;
- ridotto consumo di acqua, poiché ne richiede una minima quantità, circa il 90% in meno rispetto all'impianto sprinkler;

- minimi tempi di fuori servizio e ridotti costi di ripristino;
- possibilità di essere utilizzato anche come sistema di abbattimento fumi in quanto le goccioline d'acqua assorbono le particelle di fumo trascinandole con sé verso il basso;
- totale sicurezza delle persone ed ecosostenibilità.

Come si evince da Figura 2.1-3 il sistema *Water Mist* permette un drastico impatto sulla riduzione delle temperature con un consumo d'acqua di circa 10 volte inferiore rispetto al tradizionale sistema sprinkler, con conseguente riduzione dei costi e dei tempi legati al fenomeno dell'incendio. Inoltre, come visto nei paragrafi precedenti, il sistema ad acqua nebulizzata risulta efficace nella totale estinzione dell'incendio e quindi nel veloce abbattimento della potenza termica rilasciata dall'incendio (*HRR- Heat Release Rate*); ciò non accade per quanto riguarda il sistema sprinkler che nasce invece con la funzione di controllo dell'incendio per evitare il fenomeno del flash-over, senza un vero e proprio abbattimento dello stesso. Quanto detto viene rappresentato in Figura 2.1-4.

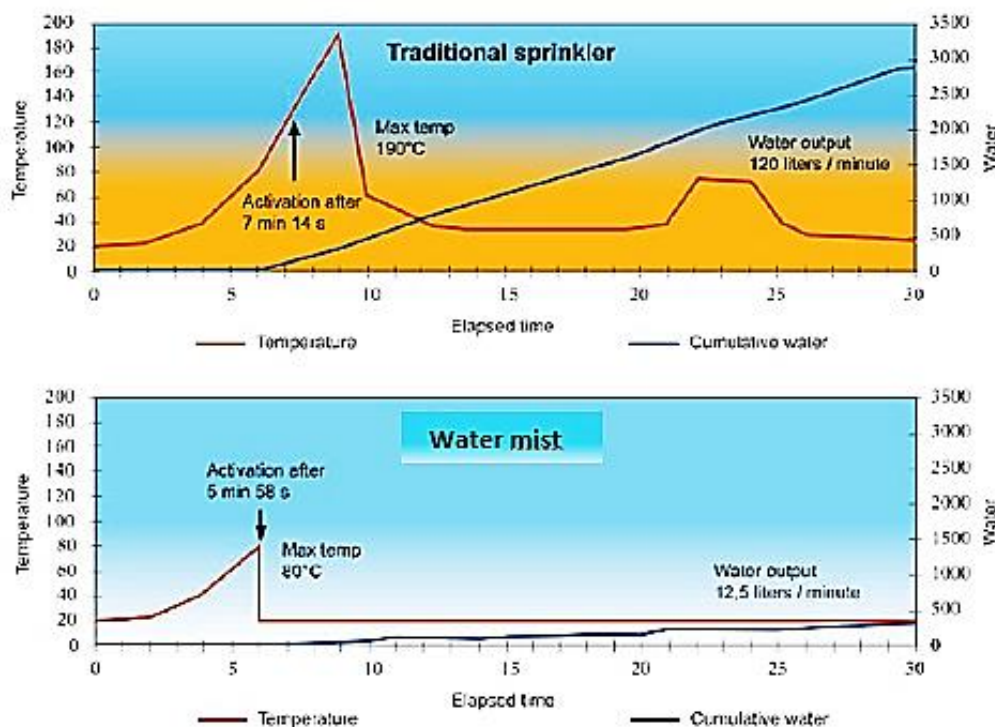


Figura 2.1-3: confronto dell'andamento delle temperature (curva rossa) durante un incendio controllato da impianto sprinkler (in alto) e impianto Water mist ad alta pressione (in basso). La curva blu invece descrive il progressivo consumo d'acqua necessaria per l'estinzione dell'incendio durante 30 min.

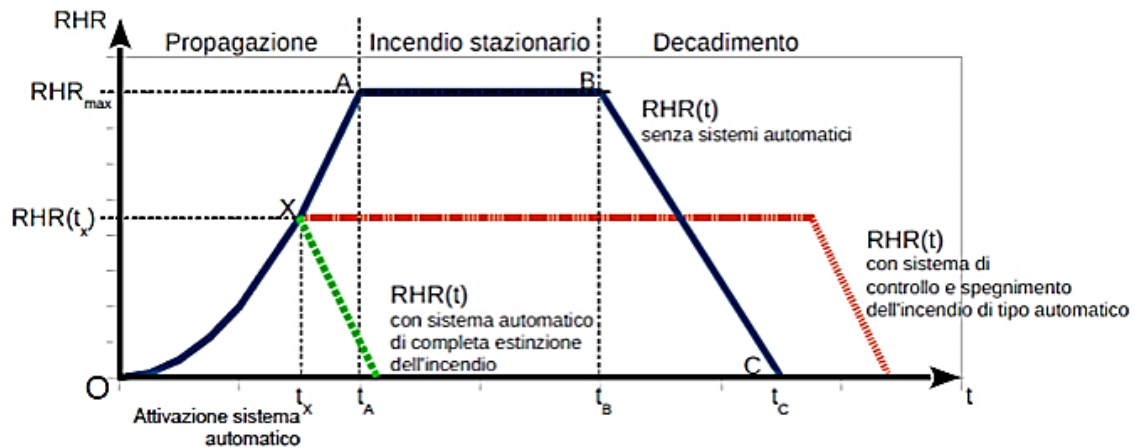


Figura 2.1-4: Curva dell'HRR senza alcun sistema di controllo dell'incendio (in blu). Le altre due curve rappresentano come diminuisce l'HRR con l'utilizzo di un sistema sprinkler (in rosso) e un Water mist (in verde)

In Figura 2.1-5 si può ulteriormente notare l'effetto del *Water Mist* sullo sviluppo dell'incendio; confrontato con lo stesso incendio ad evoluzione libera senza alcuna attivazione di sistemi di spegnimento. Precisamente questo è il risultato di diverse configurazioni di prova, caratterizzate dalla presenza di un *pool fire* di eptano in un ambiente confinato, di dimensioni pari a $(6 \times 10 \times 2,5) \text{ m}^3$, realizzato con una opportuna struttura in lamiera metallica, all'interno della quale l'iniezione dell'acqua nebulizzata è stata prodotta da un sistema di erogazione ad acqua nebulizzata composto da n. 9 erogatori disposti a soffitto e caratterizzati da una costante $K = 1,4$, pressione di esercizio pari a 80 bar; e goccioline di diametro pari a $200 \mu\text{m}$ (Classe 1).

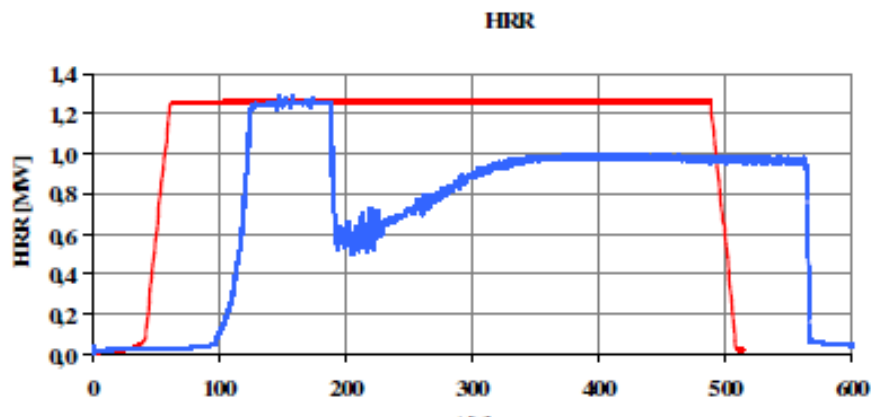


Figura 2.1-5: Curva dell'HRR di un *pool fire* di eptano senza alcun sistema di controllo dell'incendio (in rosso) in confronto con l'attivazione del Water Mist (in blu).

2.2 Il meccanismo di estinzione dell'incendio

Generalmente un incendio si sviluppa quando avviene una reazione chimica tra una sostanza combustibile e il comburente, che nella maggior parte dei casi risulta essere l'ossigeno, a seguito di un innesco, ossia una fonte di calore. Questa combinazione scatenante il fenomeno dell'incendio viene definita come triangolo del fuoco, in Figura 2.2-1. L'entità di un incendio è determinata dal relativo tasso di rilascio di calore, misurato in Watt. Un incendio vivo può essere domato con un estintore portatile se ha un tasso di rilascio di calore inferiore ad 1 MW, mentre diventa critico quando raggiunge i 5 MW. Per estinguere un incendio risulta dunque necessario eliminare almeno una delle quattro cause scatenanti, attraverso la combinazione dei sistemi per lo spegnimento dell'incendio, quali:

- esaurimento del combustibile: allontanamento o separazione della sostanza combustibile dal focolaio d'incendio;
- soffocamento: separazione del comburente dal combustibile o riduzione della concentrazione di comburente;
- raffreddamento: sottrazione di calore fino a una temperatura inferiore a quella di mantenimento della combustione;
- azione chimica: gli estinguenti chimici si combinano con i prodotti volatili che si sprigionano dal combustibile, rendendoli inadatti alla combustione, bloccando la reazione chimica della combustione



Figura 2.2-1: il triangolo del fuoco

Gli incendi sono distinti in 5 classi, ciascuna delle quali si caratterizza per specifici scenari di incendio e per tipologia di estinguento da utilizzare. Quanto detto è riportato in Tabella 2.2-1.

Tabella 2.2-1: *Tipologia di incendio e gli agenti estinguenti in relazione alle classi*

Classe di incendio	Tipologia di incendio	Estinguente
Classe A	Incendi di materiali solidi, usualmente di natura organica, che portano alla formazione di braci	Acqua, schiuma e polvere sono gli estinguenti più utilizzati. L'agente estinguente migliore è l'acqua, che agisce per raffreddamento
Classe B	Incendi di materiali liquidi o solidi liquefabili, quali petrolio, paraffina, vernici, oli e grassi minerali, plastiche, ecc.	L'agente estinguente migliore è la schiuma che agisce per soffocamento. È controindicato l'uso di acqua a getto pieno (può essere utilizzata acqua con getto frazionato o nebulizzato).
Classe C	Incendi di gas	L'acqua è consigliata solo a getto frazionato o nebulizzato per raffreddare tubi o bombole. Sono utilizzabili le polveri polivalenti.
Classe D	Incendi di metalli	Utilizzare polveri speciali con personale particolarmente addestrato. Sono difficili da estinguere per l'altissima temperatura. Evitare altri estinguenti (compresa l'acqua) in quanto possono causare esplosioni.
Classe F	Incendi di oli e grassi vegetali o animali	Gli estinguenti spengono per azione chimica, effettuando una catalisi negativa. L'utilizzo di estintori a polvere e a CO ₂ è considerato pericoloso

L'acqua in particolare è l'estinguente più antico, più utilizzato e più diffuso al mondo. Vanta eccellenti capacità estinguenti e straordinaria versatilità di impiego rispetto ad altri agenti estinguenti, oltre ad essere completamente atossica ed ecocompatibile. Tre sono le azioni dell'acqua nella prevenzione degli incendi: raffreddamento, sottrazione dell'ossigeno e assorbimento del calore radiante

2.2.1 Raffreddamento

I meccanismi di raffreddamento per la soppressione/estinzione degli incendi possono essere divisi sommariamente in raffreddamento delle fiamme e bagnatura con conseguente raffreddamento della superficie del combustibile: un incendio può essere estinto abbassando la temperatura del combustibile al di sotto del punto d'inflammabilità sottraendo il calore dalla superficie o riducendo la concentrazione della miscela aria-vapori infiammabili sopra la

superficie del combustibile che scende al di sotto del limite di infiammabilità a causa del raffreddamento, con conseguente interruzione della reazione di combustione. Per la maggior parte degli idrocarburi e dei vapori organici questo limite di temperatura è circa 1600 K (1327 °C). Nello specifico un litro d'acqua richiede circa 335 kJ per passare da una temperatura di 20° a 100°C e ulteriori 2257 kJ per trasformarsi in vapore acqueo; questo valore tuttavia diminuisce nel caso in cui l'acqua venga frazionata in finissime goccioline, come nel caso del *Water Mist*. In particolare, il tasso di vaporizzazione di una gocciolina dipende da:

- temperature circostanti;
- la superficie della goccia;
- il coefficiente di trasferimento di calore;
- la velocità relativa della goccia rispetto al gas circostante.

Per goccioline di $100 \mu\text{m} < d < 1000 \mu\text{m}$, il coefficiente di trasferimento di calore H [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] è relativo alla dimensione della goccia e può essere espressa come nella relazione (2.4):

$$H = \frac{0.6}{d} K Pr^{1.5} Re^{0.5} \quad (2.4)$$

dove:

d : diametro della goccia [m]

K : conducibilità termica dell'aria [W/mK]

Pr : numero di Prandtl [$adim$]

Re : numero di Reynolds [$adim$]

In generale, l'efficacia del fenomeno di raffreddamento della superficie del combustibile è favorita dal trascinamento di aria nel flusso dei gas ascendenti che permette una maggiore miscelazione con le microparticelle di acqua nebulizzata che penetrano nella zona della fiamma dove avviene il passaggio di stato da liquido a vapore.

Si può dunque stabilire una relazione che lega le dimensioni dell'incendio con la quantità di acqua necessaria per raffreddare le fiamme ed estinguere l'incendio, attraverso il concetto di rapporto di assorbimento del calore *Spray Heat Absorption Ratio* (SHAR), definito appunto come il valore del rapporto tra il calore assorbito dall'acqua Q_{water} [W] e il calore rilasciato dal fuoco Q_{fire} [W], come si evince da relazione (2.5).

$$SHAR = \frac{Q_{\text{water}}}{Q_{\text{fire}}} \quad (2.5)$$

Il valore di SHAR varia sostanzialmente con gli scenari d'incendio, poiché l'efficienza dell'erogazione dell'acqua nebulizzata nelle fiamme è quasi imprevedibile. Ad esempio, per

una fiamma di propano non confinata, il valore di SHAR si attesta a circa 0,3 in condizioni ottimali mentre il valore è nella gamma di 0,6 in caso di piccoli incendi di compartimento.

Come già visto, allo scopo di raffreddare la superficie del combustibile, l'acqua nebulizzata deve penetrare nella zona della fiamma per raggiungere la superficie del combustibile e quindi rimuovere una quantità di calore dalla superficie maggiore di quella che la fiamma può fornire.

Il calore è principalmente trasferito dal fuoco al combustibile per convezione ed irraggiamento, mentre il raffreddamento del combustibile è dovuto principalmente al passaggio di stato da liquido a vapore. In questo senso dunque si stabilisce attraverso la relazione (2.6) quale deve essere la percentuale di calore per unità di superficie che deve essere rimossa per l'estinzione dell'incendio.

$$Sh = (H_f - \lambda_f) m_b + R_a - R_s \quad (2.6)$$

dove:

Sh : calore sottratto per unità d'area dall'acqua nebulizzata [kJ/m^2]

H_f : calore trasferito per convezione per unità di massa del combustibile [kJ/kg]

λ_f : calore necessario per produrre una massa unitaria di vapore [kJ/kg]

m_b : percentuale combustione per unità di superficie [kg/m^2]

R_a : apporto di calore alla superficie del combustibile in altre forme [kJ/m^2]

R_s : perdite di calore dalla superficie non dovute all'irraggiamento [kJ/m^2]

Il raffreddamento del carburante con acqua nebulizzata inoltre riduce il tasso di pirolisi del combustibile e ne impedisce la riaccensione una volta raffreddato. In particolare, per i materiali combustibili i cui punti di infiammabilità sono al di sopra della temperatura ambiente, risulta necessaria una maggiore quantità di getto d'acqua per raffreddare la superficie poiché la produzione di vapori infiammabili risulta più veloce.

Prove condotte su lastre di legno da Tamanini ⁵ hanno dimostrato che il rischio di riaccensione è maggiore nei casi di elevata scarica d'acqua con interruzione non appena le fiamme vengano estinte. Ciò è dovuto al fatto che le maggiori portate d'acqua permettono di estinguere il fuoco più velocemente, ma il combustibile rimane caldo e continua a pirolizzare se non vi è ulteriore apporto d'acqua.

⁵ Tamanini, F., "A Study of the Extinguishment of Vertical Wooden Slabs in Self-sustained Burning, by Water Spray Application" Combustion Science and Technology, Vol. 14, 1976

In questo senso il processo di raffreddamento del carburante mediante nebulizzazione dell'acqua potrebbe essere il meccanismo di estinzione predominante soprattutto nel caso di combustibili che non producono miscele di vapore infiammabili al di sopra la superficie del carburante. Nei combustibili solidi infatti la prima reazione di combustione avviene proprio sulla superficie del materiale per poi evolversi all'interno degli strati più profondi; per tale motivo risulta necessario l'intervento di soppressione prima che la zona carbonizzata risulti troppo profonda in quanto le gocce d'acqua devono penetrare all'interno del materiale fino all'interfaccia effettiva tra il combustibile bruciato e l'incombusto.

2.2.2 Sottrazione dell'ossigeno

Il fenomeno della sottrazione dell'ossigeno è dovuto principalmente alla rapida evaporazione ed espansione di gocce con passaggio di fase in vapore, come visto in precedenza. In particolare, quando l'acqua viene convertita in vapore, si espande per circa 1640 volte il suo volume in fase liquida, inducendo una rarefazione dell'ossigeno presente nell'aria. In questa maniera si va ad interrompere l'afflusso d'aria fresca che sostiene l'incendio e contemporaneamente si diminuisce la concentrazione di vapori infiammabili provenienti dalla pirolisi disponibili per la combustione. Di conseguenza, quando il vapore di combustibile è diluito al di sotto del limite inferiore di infiammabilità della miscela aria-combustibile o quando la concentrazione di ossigeno necessaria per sostenere la combustione viene ridotta al di sotto di un livello critico, il fuoco si spegne.

Questo fenomeno accade solo nei pressi della fiamma, dove il contenuto di ossigeno viene ridotto dal 16% al 6% in volume con un andamento pressochè esponenziale, come si denota in Figura 2.2-2, mentre nel resto della stanza la concentrazione di ossigeno rimane invariata (circa 21%), non creando alcun pericolo per le persone presenti.

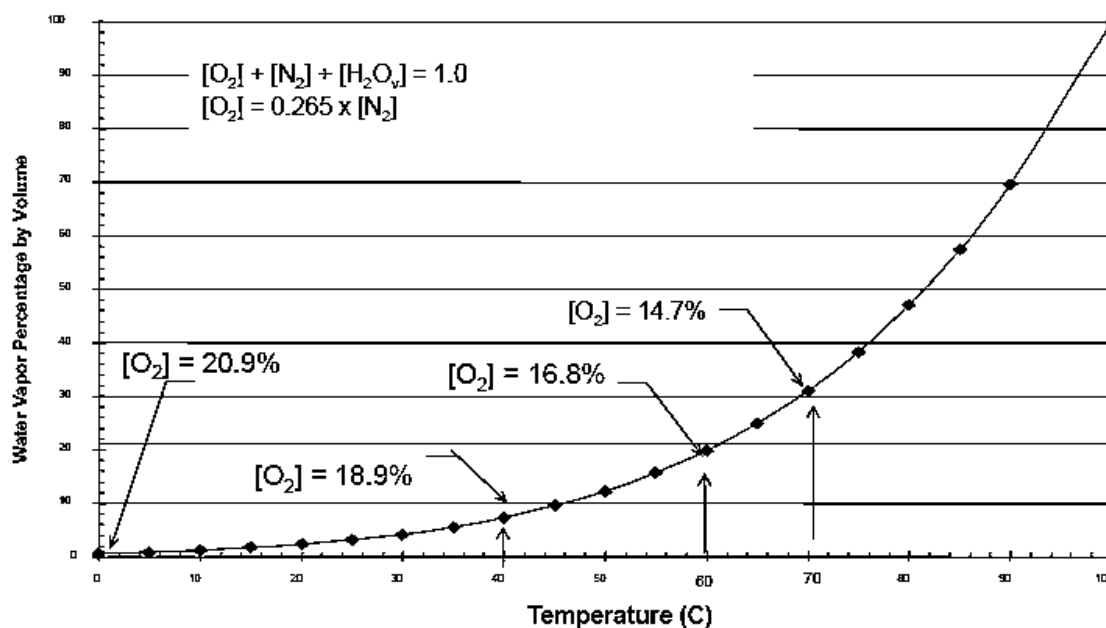


Figura 2.2-2: curva rappresentante la diminuzione di ossigeno nella zona interessata dall'incendio, in funzione della temperatura e della concentrazione di vapore presente nel volume interessato

Prove scientifiche condotte da Rosander & Giselsson⁶, hanno dimostrato che la concentrazione di ossigeno in una stanza di volume pari a 100 m³ potrebbe diminuire circa il 10%, una volta che una quantità di 5,5 l di acqua erogata viene completamente convertita in vapore. In un compartimento dunque la riduzione della concentrazione di ossigeno dipende sostanzialmente dalle dimensioni dell'incendio, dalla durata del periodo di pre-flashover, dal volume del compartimento e dalle condizioni di ventilazione. Nello specifico con l'aumento delle dimensioni dell'incendio e la durata del periodo di pre- flashover si verifica un veloce consumo di ossigeno dovuto alla reazione di combustione e contemporaneamente una riduzione dello stesso dovuto alla formazione di più vapore acqueo per l'aumento delle temperature all'interno del compartimento. Questo duplice effetto riduce dunque la concentrazione di ossigeno nel compartimento in maniera significativa, conseguentemente migliora l'efficacia della nebbia d'acqua nell'estinzione del fuoco. Da un'analisi computazionale, Dlugogorski et al⁷ hanno indicato che, per una soppressione efficace dell'incendio con l'utilizzo dell'acqua nebulizzata, le concentrazioni richieste di vapore acqueo nella miscela di gas infiammabili variano con le temperature circostanti e devono raggiungere quindi il 36% e il 44% per le temperature di 100 ° C e 300 ° C, rispettivamente.

⁶ Rosander, M. and Giselsson, K., "Making the Best Use of Water for Fire Extinguishing Purposes", Fire, 1984,

⁷ Dlugogorski, B.Z., Hichens, R.K., Kennedy, E.M. and Bozzelli, J.W., "Water Vapour as an Inerting Agent", Proceedings: Halon Alternatives Technical Working Conference, 1997

Tuttavia, l'impatto della diluizione dell'ossigeno con la nebbia d'acqua nella soppressione degli incendi dipende fortemente dalle proprietà del carburante e dalla quantità di ossigeno libero richiesta per supportare la combustione. In generale, per la maggior parte degli idrocarburi, la concentrazione critica di ossigeno per mantenere la combustione è circa 13%, mentre per i combustibili solidi questo valore si riduce.

2.2.3 Assorbimento del calore radiante

Le goccioline d'acqua che si trovano tra le fiamme e la superficie combustibile creano uno strato che agisce come barriera termica impedendo l'ulteriore espansione e propagazione dell'incendio per irraggiamento, sia della superficie del combustibile che sta bruciando e sia della superficie non ancora interessata.

Il vapore acqueo formatosi nella zona soprastante la superficie combustibile inoltre agisce come un corpo grigio che assorbe energia radiante e che re-irradia ad un'intensità ridotta.

Test sperimentali condotti da Mawhinney, & Taber, presso il National Research Council of Canada ⁸, hanno dimostrato che in un compartimento il flusso radiante verso le pareti è stato ridotto di oltre il 70% dall'attivazione del sistema ad acqua nebulizzata.

Altresì, il calcolo condotto da Log ⁹, ha dimostrato che l'attenuazione della radiazione dipende molto dal diametro della goccia e dal carico del getto d'acqua; ad esempio considerando un carico d'acqua di 100 g/m³ che deve eseguire un percorso di lunghezza di 1 m, la nebbia d'acqua con goccioline di dimensioni comprese tra 100 e 200 µm è capace di bloccare circa il 60% del calore radiante da un corpo nero alla temperatura di 800 °C.

Inoltre, secondo calcoli effettuati da Ravigururajan & Beltran¹⁰ per ottenere la stessa attenuazione della radiazione da un oggetto alla temperatura di 650 K, la quantità d'acqua considerando un diametro delle goccioline di 100 micron dovrebbe essere circa 10 volte più alta se consideriamo gocce da 10 micron. Dunque, al fine di evitare l'accensione del combustibile per irraggiamento, il flusso minimo di acqua necessario per bagnare la superficie del combustibile può essere calcolato utilizzando la relazione (2.7).

$$\frac{F_m}{A_s} = \frac{\epsilon \cdot \sigma \cdot \phi \cdot (T_r^4 - T_s^4) - I_c}{H_{vap}} \quad (2.7)$$

⁸ Mawhinney, J.R. and Taber, B., "Findings of Experiments Using Water Mist for Fire Suppression in an Electronic Equipment Room", Proceedings: Halon Alternatives Technical Working Conference, 1996.

⁹ Log, T., "Radiant Heat Attenuation in Fire Water Sprays," Fire Safety Science—Proceedings of Fourth International Symposium, 1996.

¹⁰ Ravigururajan, T.S. and Beltran, M.R., "A Model for Attenuation of Fire Radiation Through Water Droplets," Fire Safety Journal, Vol. 15, 1989.

dove:

F_m : portata d'acqua minima [kg/s]

A_s : superficie del combustibile [m^2]

ϵ : emissività dell'elemento irraggiante

σ : costante Stefan-Boltzmann [W/m^2K^4]

Φ : fattore di vista della superficie del combustibile

T_r : temperatura media assoluta della fonte di radiazione [K]

T_s : temperatura assoluta della superficie [K]

I_c : intensità critica della radiazione richiesta per l'accensione [W/m^2]

H_{vap} : calore di vaporizzazione dell'acqua [KJ/kg]

Infine, grazie al fenomeno dell'assorbimento del calore radiante lo strato di goccioline agisce ulteriormente come uno scudo che riduce l'irradiazione di calore anche agli oggetti circostanti, prevenendo la diffusione della fiamma.

2.2.4 Utilizzo di additivi “wetting agent”

L'utilizzo di additivi chimici del tipo “wetting agent” nel sistema ad acqua nebulizzata può migliorare l'efficacia del sistema stesso nella soppressione del fuoco in quanto può influenzare la vaporizzazione delle goccioline d'acqua e la loro generazione riducendone la tensione superficiale e agendo dunque come agente bagnante.

Grazie alla sua tecnologia bagnante, il “wetting agent” è infatti in grado di massimizzare la potenza dell'acqua, diminuendone la tensione superficiale di circa 3 volte, favorendo così una maggiore penetrazione dell'estinguente nel focolaio di incendio.

La riduzione della tensione superficiale comporta un ridimensionamento delle gocce d'acqua le quali, frazionandosi, perdono la propria caratteristica forma sferica e creando sulla superficie un film d'acqua, come si nota in Figura 2.2-3. Inoltre, favorisce i processi di sottrazione del calore all'incendio, abbassando drasticamente la temperatura sia dell'area trattata che di quelle limitrofe, l'irraggiamento e la riaccensione spontanea. Tuttavia, l'effetto estinguente più sorprendente del “wetting agent” è quello che deriva dall'incapsulamento micellare, ossia l'azione di isolamento delle molecole di idrocarburi sia allo stato liquido che a quello gassoso.

La struttura chimica di questi additivi chimici infatti è composta da molecole tensioattive anfifiliche, che presentano cioè contemporaneamente sia un gruppo idrofilo (polare) sia uno

idrofobo (non polare). Quando queste molecole vengono poste in acqua, si dispongono a formare un ‘bozzolo chimico’ sferico, definito come micella, attorno alle molecole degli idrocarburi, impedendone il contatto con il comburente e la conseguente reazione di combustione. Come si può notare in Figura 2.2-4, le micelle formate presentano una carica esterna negativa per cui sono indotte a respingersi a vicenda e a disperdere gli idrocarburi nell’acqua, in concentrazioni tali da essere troppo basse per supportare il processo di combustione. La formazione e il mantenimento di micelle non determina solo l’inertizzazione dei liquidi e dei gas infiammabili, ma comporta altri due fenomeni legati al processo di combustione: un rapido abbattimento del calore e l’interruzione della reazione a catena dei radicali liberi. In questo senso dunque l’acqua additivata con “*wetting agent*”, quando entra in contatto con il calore, assorbe maggiore energia rispetto all’acqua normale, permettendo un raffreddamento più veloce delle superfici.

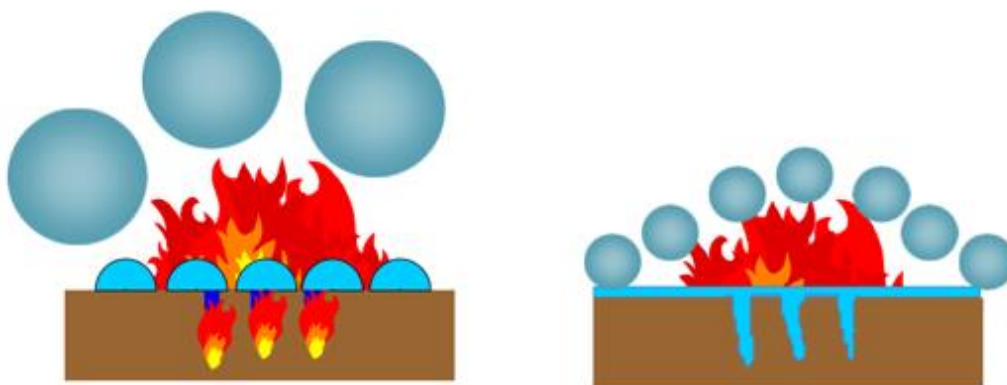


Figura 2.2-3: Riduzione della tensione di vapore delle gocce d’acqua che permette la formazione di un film d’acqua sulla superficie del combustibile

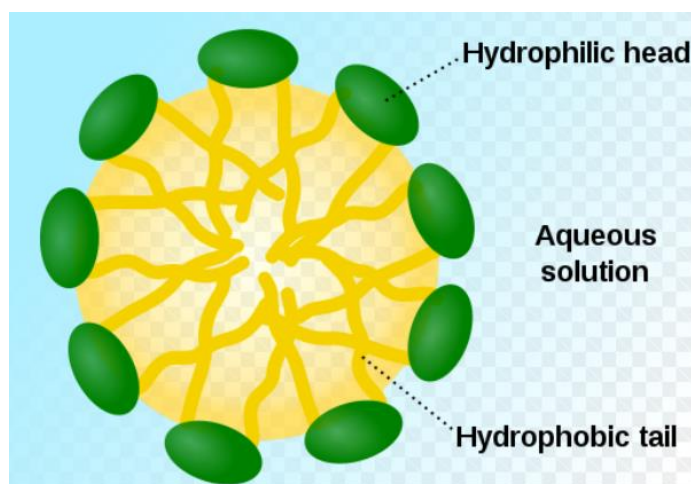


Figura 2.2-4: Rappresentazione di una micella che intrappola le molecole di idrocarburo al suo interno

A differenza di quanto si possa pensare l'azione chimica alla base del funzionamento dei “*wetting agent*” risulta diversa rispetto agli schiumogeni tradizionali. Questi ultimi, infatti, lavorano per soffocamento e creano una coltre isolante sulla superficie del combustibile che per essere efficace deve poter essere mantenuta nel tempo; il “*wetting agent*” invece, necessita solo di entrare in contatto con il combustibile e i vapori per poterli isolare e inertizzare, sopprimendo così gli incendi più rischiosi in tempi brevissimi.

I vantaggi principali dovuti all'utilizzo di additivi chimici di questo tipo sono:

- ampio utilizzo per fuochi di Classe A, B, D, F, utilizzando le concentrazioni riportate in Tabella 2.2-2;
- riduzione del tempo di estinzione con conseguente risparmio d'acqua;
- abbattimento dei fumi e dei vapori infiammabili;
- aumento del potere estinguente del Water mist ed incremento della visibilità;
- efficacia fino a -28°C evitando il problema del congelamento dell'acqua all'interno delle tubazioni;
- non tossico ed *eco-friendly*;

Tabella 2.2-2: Valori di concentrazione del *wetting agent* all'interno della nebbia d'acqua per una soppressione efficace dell'incendio in relazione alla Classe di fuoco.

Classi di fuoco	Concentrazione del <i>wetting agent</i> all'interno della nebbia d'acqua
Classe A	0,25%
Classe B	2%
Classe D	3%
Classe F	1%

L'uso di additivi nella nebbia d'acqua tuttavia comporta un aumento del livello costi dell'impianto e di gestione dovuti all'aumento dello sporco e corrosività. Per tale motivo bisogna sempre valutare l'utilizzo o meno di questa tecnologia in relazione a tutte le condizioni al contorno che influiscono nella progettazione degli impianti di spegnimento dell'incendio.

2.3 Riferimenti normativi

Considerato che il sistema *Water Mist* ad oggi è ancora in evoluzione ne consegue che a livello nazionale non sono ancora disponibili norme tecniche specifiche; tuttavia alla luce di quanto citato nel Decreto impianto DM 20.12.2012, i requisiti di progettazione, installazione, manutenzione e collaudo dei sistemi antincendio *Water Mist* sono definiti da standard internazionali. In Europa in particolare si è sviluppata la *Technical Specification* UNI CEN/TS 14972, “*Fixed firefighting systems- Water Mist systems -Design and Installation*”, norma di natura sperimentale la cui ultima revisione risale al 2011. Questo standard fonda tuttavia le sue radici nel NFPA 750, “*Standard on Water Mist Fire Protection*”, e che risulta riconosciuto e applicato a livello internazionale ed europeo, la cui ultima pubblicazione è del 2015. In questa situazione normativa sta in capo al progettista quale standard adottare, considerando comunque che per ciascuna delle due alternative, il *Fire Test* è il requisito minimo senza il quale non è possibile concepire il sistema; ciò sta a significare che di fatto il sistema *Water Mist* da installare e le sue componenti devono dimostrare determinate prestazioni durante le prove d’incendio condotte su scala reale presso laboratori di prova accreditati. Nello specifico saranno dunque le diverse realtà presenti sul mercato che dovranno ottenere l’approvazione, basata su una serie di criteri prestazionali comunemente riconosciuti, dei propri prodotti.

Alla luce di quanto detto, risulta dunque difficile per il progettista dimensionare l’impianto *Water Mist* a regola d’arte; per tale motivo, come citato negli standard, risulta necessario ricondursi alle normative specifiche degli impianti sprinkler, ossia la UNI 12485 e NFPA 13.

2.4 Enti certificatori

Come già visto, il sistema *Water Mist* necessita di essere testato in scala reale con test antincendio per poter essere successivamente installato in opera. In questa ottica sarà dunque necessario condurre specifiche prove di laboratorio sia sullo specifico componente che sul sistema intero allo scopo di garantire conformità alle normative di riferimento ma anche di qualità e garanzia di funzionamento ed affidabilità. Gli enti che si occupano di certificare a livello internazionale questo tipo di impianto sono:

- VdS;
- FM;
- UL;

- RINA;
- IMO, utilizzato in maniera particolare nel settore marino.

L'esame per l'approvazione di un sistema *Water Mist* è simile a quello previsto per un qualsiasi impianto antincendio a *Clean Agent*, CO₂ e a schiuma. Importate è comunque ricordare che ogni sistema è progettato con criteri diversi per la specifica applicazione. I sistemi sono sensibili alle modifiche di questi criteri, quindi è importante installare solo un sistema di nebulizzazione d'acqua in conformità con il manuale di progettazione, installazione e manutenzione del produttore e che abbia ottenuto specifiche certificazione. Inoltre, le ispezioni e le verifiche periodiche ricoprono un ruolo di fondamentale importanza per il corretto funzionamento dell'impianto.

2.5 Tipologie di sistema

In analogia con gli impianti sprinkler, anche l'impianto *Water Mist* offre una vasta gamma di tubi, valvole e ugelli tra cui scegliere a seconda degli ambiti di utilizzo, condizioni di impiego e grado di rischio incendio. Spesso è possibile scegliere tra configurazione singola o combinata all'interno di uno stesso edificio ed inoltre è un sistema facilmente espandibile a protezione di aree e di edifici adiacenti, attraverso l'utilizzo degli stessi componenti principali.

2.5.1 Sistema ad umido

Un sistema ad umido è di norma composto da testine sprinkler termosensibili chiuse. Il superamento della temperatura di attivazione, causa la rottura dell'elemento a bulbo con conseguente erogazione della nebbia d'acqua. I sistemi ad umido sono i più comuni non solo per il contenimento dei costi sia per le aree di medie e grandi dimensioni soggette al rischio d'incendio ordinario, ma anche per il vantaggio di erogare l'acqua esclusivamente nella zona interessata dall'incendio.

2.5.2 Sistema a diluvio

In un sistema a diluvio, le testine erogatrici sono aperte e il flusso d'acqua viene controllato da una valvola di sezionamento chiusa. All'apertura (manuale o tramite rivelatore automatico di fumo e calore) di questa valvola, la nebbia d'acqua viene erogata da tutte le testine presenti

nell'area afferenti quella valvola. I sistemi a diluvio, offrendo una protezione completa ed omogenea all'interno dei locali, si adattano alla protezione di aree con presenza di macchinari.

2.5.3 Sistema a secco

A differenza del sistema ad umido, in un sistema a secco la valvola trattiene l'acqua lato pompa; i tubi che collegano la valvola agli ugelli sono infatti riempiti di aria compressa. In caso di incendio, non appena il bulbo dello sprinkler si rompe, il sistema rileva una perdita di pressione comandando l'apertura della valvola di sezionamento.

L'acqua penetra nelle tubazioni raggiungendo gli sprinkler che provvedono alla nebulizzazione. Questo sistema viene tipicamente utilizzato nel caso in cui l'area sia soggetta a basse temperature, tipicamente inferiori a 4°C, e quindi al rischio di congelamento.

2.5.4 Sistema a preazione

A differenza del sistema a secco, un sistema a preazione è collegato ad un impianto di rivelazione antincendio separato; affinché il sistema *Water Mist* si attivi è necessaria sia la rottura del bulbo dello sprinkler che l'invio di un segnale di attivazione da parte dell'impianto di rivelazione.

Questo sistema viene di norma impiegato nei casi in cui è necessario minimizzare il rischio di falsi allarmi risultando quindi ideale per i grandi centri di elaborazione dati e per i musei.

2.6 Principali componenti impiantistiche

Nel mercato dei sistemi antincendio sono sempre più richiesti materiali e componenti impiantistiche di alta qualità che assicurino una lunga durata al sistema. Ciò che va a costituire le componenti principali del *Water Mist* sono la riserva idrica, lo skid pompe, lo skid bombole, le valvole di sezionamento, la rete di tubazioni in acciaio inossidabile e gli ugelli aperti e/o chiusi.

2.6.1 Riserva idrica

L'erogazione dell'acqua per le unità di pompaggio è sempre mantenuta separata dalle unità di pompaggio. L'acqua può essere erogata tramite una rete di tubazioni da un serbatoio di uso esclusivo del sistema antincendio o condiviso con altri sistemi. Poiché alcuni tipi di unità di pompaggio richiedono una pressione di ingresso dell'acqua di 2 bar, il sistema può essere

dotato di una pompa ad hoc. Sebbene le dimensioni del serbatoio dell'acqua dipendano dalle condizioni di impiego, dai requisiti locali e dal tipo di unità di pompaggio, il volume può variare dai 3 ai 9 m³ per un'unità di pompaggio a gas e dai 20 ai 40 m³ per un'unità elettrica. In tutte le unità di pompaggio sono presenti filtri per assicurare un'elevata qualità dell'acqua, garantendo al sistema affidabilità e durata nel tempo.

2.6.2 Unità di pompaggio

Per gli edifici, i sistemi utilizzano una delle seguenti tipologie di unità di pompaggio:

- a gas
- elettrica
- modulare
- diesel

L'alimentazione a gas (aria o azoto), in Figura 2.6-1, è quella maggiormente utilizzata in quanto non necessita di elettricità esterna e viene impiegata per le aree a basso rischio e per quelle che ospitano macchinari. Inoltre, impiega ridotte quantità d'acqua per combattere gli incendi risultando così la soluzione ideale per edifici di importanza storico-culturale, hotel e grandi centri di elaborazione dati.

Molto utilizzata è anche l'alimentazione elettrica, in Figura 2.6-2, in quanto si adatta pressoché ad ogni tipo di impiego ed è disponibile in una vasta gamma di dimensioni e configurazioni, potendo altresì collegare più unità insieme, soprattutto per le grandi installazioni.

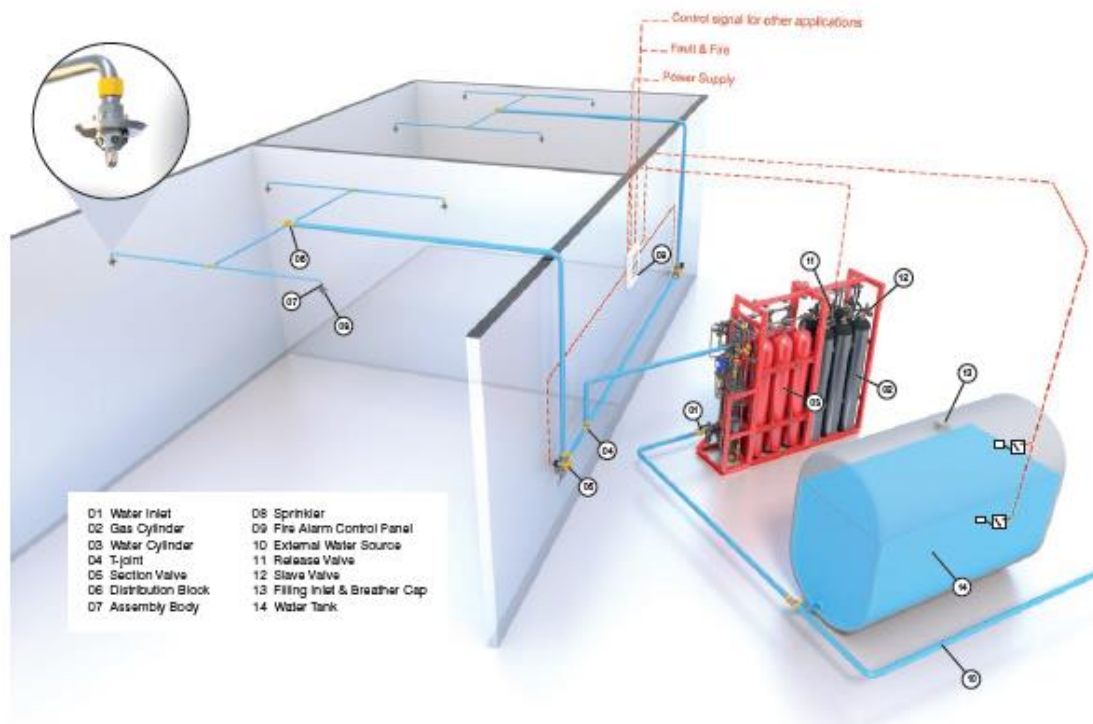


Figura 2.6-1: Schema di impianto Water mist con unità di pompaggio con alimentazione a gas

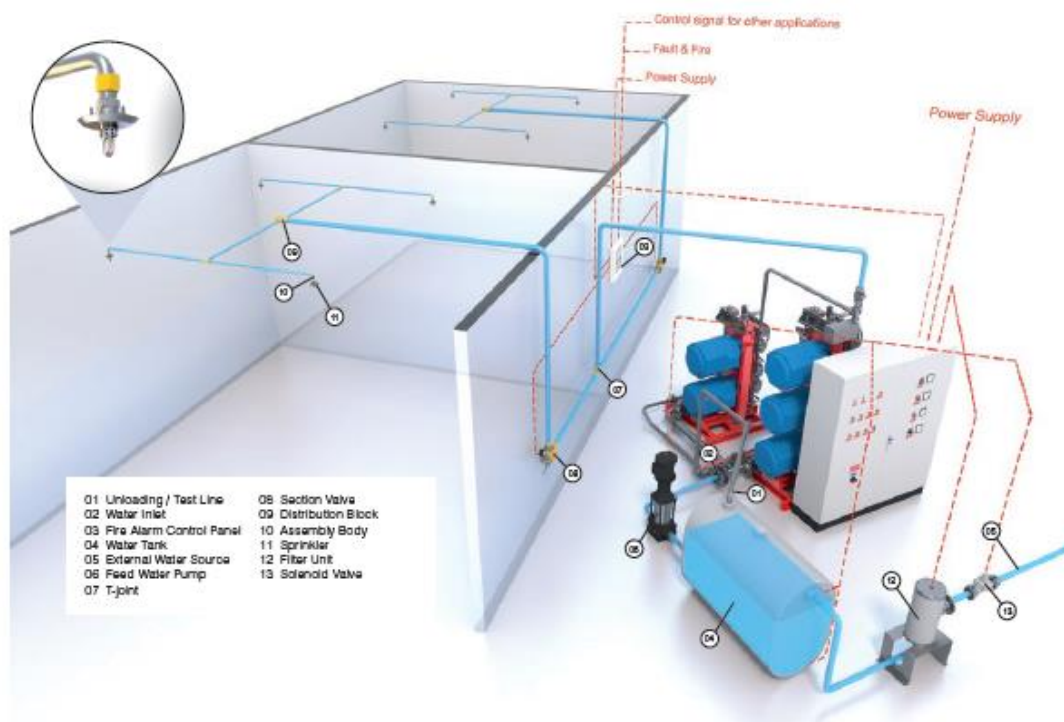


Figura 2.6-2: Schema di impianto Water mist con unità di pompaggio con alimentazione elettrica

2.6.3 Rete di tubazioni

In generale tutti i tubi delle sezioni ad alta pressione di un sistema *Water Mist* sono in acciaio inox AISI 316L e sono caratterizzati da dimensioni estremamente contenute rispetto a quelli dei sistemi tradizionali; spesso infatti vengono modellati direttamente in fase di montaggio, consentendo un'installazione discreta anche in spazi ridotti, soprattutto nei i siti di interesse storico-culturale.

Generalmente, sia i tubi che i raccordi sono garantiti per l'utilizzo ad alta pressione e sottoposti a test ad almeno quattro volte la massima pressione operativa. In fase di collaudo, le tubazioni ad alta pressione vengono sottoposte ad un test di pressione nel rispetto delle direttive della NFPA 750 per assicurare un'installazione a regola d'arte e perfettamente a tenuta. Infine, la rete di tubazioni viene progettata partendo da un condotto di alimentazione principale di circa 30 mm dal quale si diramano tubi di sezione inferiore intorno ai 16 -25 mm ognuno con la propria valvola di sezionamento, fino al canale di alimentazione degli ugelli composto da tubi di 12 mm. In Figura 2.6-3 si nota quindi la notevole riduzione dell'ingombro rispetto al sistema sprinkler che generalmente possiede canali di alimentazione alla testina di circa 1'', vale a dire pari a 25 mm.



Figura 2.6-3: Dimensioni delle tubazioni del canale di alimentazione all'ugello rispettivamente per un impianto *Water mist* (sopra) e un sistema sprinkler (sotto)

2.6.4 Valvole di sezionamento

Le valvole di sezionamento possono essere normalmente aperte o normalmente chiuse. Le prime vengono utilizzate nei sistemi ad umido mentre le seconde trovano impiego in altre configurazioni. Le dimensioni variano in funzione del flusso da gestire. Queste valvole possono essere azionate manualmente, elettricamente, con controllo idraulico o tramite una combinazione di tali modalità oltre a poter essere dotate di un indicatore di flusso per consentirne il monitoraggio. Le valvole di sezionamento normalmente aperte per i sistemi ad

umido vengono chiuse, solitamente attraverso un azionamento manuale, soltanto per interrompere l'erogazione d'acqua o contestualmente ad interventi di manutenzione.

Sono generalmente ubicate al di fuori dell'area da proteggere, vicino all'uscita oppure in una zona centrale.

2.6.5 Ugelli erogatori

Le testine sprinkler sono ugelli chiusi dotati di elementi termosensibili a bulbo di vetro in grado di resistere alla pressione del sistema. Generalmente le temperature di attivazione per i bulbi termosensibili sono le seguenti: 57°C, 68°C, 79°C, 93°C e 141°C, come si evince da tabella 6.6.7.1 riportata in Figura 2.6-4. La scarica d'acqua dipende dunque dalla rottura del bulbo termosensibile una volta raggiunta la massima temperatura operativa, che controlla quindi l'intero sistema, come si nota in Figura 2.6-5.

Le testine erogatrici, denominate come nebulizzatori, sono invece ugelli aperti senza alcun elemento termosensibile a bulbo; per tale motivo vengono utilizzati in impianti che prevedono l'attivazione automatica attraverso un sistema di rivelazione ed allarme indipendente, come si nota dallo schema in alto di Figura 2.6-6. In generale i nebulizzatori vengono progettati per le diverse condizioni di impiego e i diversi rischi incendio in base a criteri quali temperatura ambiente, altezza e tipologia di soffitto, muro o pavimento, unità di pompaggio, livello di inquinamento dell'aria, ecc. La scelta del modello deve essere effettuata in base a impiego, test e certificazioni antincendio; tuttavia hanno grande capacità di adattamento all'installazione anche in spazi molto ristretti grazie al diametro ridotto delle tubazioni, come visto in precedenza.

Maximum Ambient Temperature		Nozzle Temperature Rating		Temperature Classification	Color Code	Glass Bulb Color
°C	°F	°C	°F			
38	100	57 to 77	135 to 170	Ordinary	Uncolored or black	Orange or red
66	150	79 to 107	175 to 225	Intermediate	White	Yellow or green
107	225	121 to 149	250 to 300	High	Blue	Blue
149	300	163 to 191	325 to 375	Extra high	Red	Purple
191	375	204 to 246	400 to 475	Very extra high	Green	Black
246	475	260 to 302	500 to 575	Ultra high	Orange	Black
329	625	343	650	Ultra high	Orange	Black

Figura 2.6-4: Rappresentazione della Tabella 6.6.7.1 del NFPA 750 che definisce i colori dei bulbi termosensibili in relazione alla massima temperatura di funzionamento.



Figura 2.6-5: Rappresentazione di una testina a bulbo termosensibile di tipo chiuso (a sinistra) e del corrispondente sistema di attivazione (a destra)



Figura 2.6-6: Rappresentazione di una testina di tipo aperto (a sinistra) e del corrispondente sistema di attivazione che necessita di un impianto indipendente di rivelazione ed allarme (a destra)

In generale, i nebulizzatori possono essere suddivisi in tre categorie sulla base dei meccanismi di atomizzazione utilizzati per produrre goccioline sottili: si parla dunque di nebulizzatori ad urto, a pressione e di tipo “*twin fluid*”; qualsiasi altro tipo di ugello è una combinazione di questi tre tipi di base.

La scelta del metodo di generazione della nebbia d'acqua potrebbe influenzare fattori come le caratteristiche dello spray, l'affidabilità del sistema, ma soprattutto il costo dello stesso.

2.6.5.1 Nebulizzatori ad urto

Questo tipo di ugelli operano con un singolo fluido (l'acqua) e sono costituiti da un orifizio di diametro relativamente grande e da un deflettore. In questa configurazione, le goccioline si formano attraverso l'urto di un getto d'acqua ad alta velocità che parte dal diametro dell'orifizio e colpisce il deflettore. In questo senso la forma del deflettore e la velocità del getto determinano la dimensione delle gocce, la loro distribuzione, l'angolo del cono, la densità del flusso e la quantità di moto. Gli ugelli di questo tipo hanno pressioni di esercizio che variano dalla bassa pressione a quella intermedia; per tale motivo producono spray di Classe 2 e Classe 3 con angoli conici tra 60 ° e 120°. Il design di questo tipo di ugello è

relativamente semplice e il suo costo di produzione è piuttosto basso; tuttavia sono hanno lo svantaggio di possedere un getto solo di tipo assiale e caratterizzato da velocità ridotta dovuta all'impatto con il deflettore.

I nebulizzatori ad urto sono stati ampiamente utilizzati per controllare gli incendi di Classe A (incendi di combustibile materiale come legno, vestiti e carta) come anche negli incendi in cui sono richieste dimensioni delle gocce più grandi. Hanno dimostrato buone prestazioni estinguenti per applicazioni nelle cabine delle navi ma anche negli edifici residenziali e negli incendi di pozza di idrocarburi.

2.6.5.2 Nebulizzatori a pressione

Come nel caso precedente, anche i nebulizzatori a pressione funzionano solo con l'utilizzo dell'acqua, mentre sono costituiti da orifizi di diametro ridotto. Quando il getto d'acqua ad alta velocità esce dall'orifizio, il film d'acqua diventa instabile e si scompone in goccioline fini. A tale scopo, il diametro dell'orifizio deve avere valori intorno ai 0,2 – 3,00 [mm]; tuttavia esistono ugelli multi-orifizio che funzionano con valori di pressione più bassi e con diversi valori di portata: da 1 Lpm per un singolo ugello a 45 Lpm per il multi-orifizio.

A differenza dell'ugello ad urto, le pressioni operative variano dalla bassa pressione di circa 5,01 [bar] all'alta pressione di 270 [bar]. Il cono dello spray ha un angolo compresi tra 20 ° e 150°; tuttavia è l'utilizzo del multi-orifizio offre la possibilità di aumentare ulteriormente l'apertura angolare garantendo così una superficie di bagnatura.

La dimensione e la distribuzione delle gocce dipendono tuttavia in maniera particolare dalla pressione di scarica; maggiore è la pressione più piccolo sarà il diametro delle goccioline uscenti dall'ugello e di conseguenza si avrà un aumento della quantità di moto e della densità di flusso, favorendo l'estinzione dell'incendio. In generale i nebulizzatori a pressione sono stati ampiamente utilizzati per sopprimere diversi tipi di incendio, compresi gli incendi di Classe B (fuochi di liquidi combustibili) e di Classe A.; si sono ulteriormente valutate le loro prestazioni per la protezione delle apparecchiature elettroniche ed è stato dimostrato che con l'utilizzo dell'alta pressione è possibile il loro utilizzo per diversi scenari di incendio; tuttavia i costi di funzionamento del sistema potrebbero essere elevati perché richiedono pompe e tubazioni particolari.

2.6.5.3 Nebulizzatori “*twin fluid*”

Gli ugelli a doppio fluido generalmente funzionano con aria compressa e acqua. Sono costituiti da un ingresso d'aria, un ingresso d'acqua e da un'intercapedine. Nello specifico all'interno dell'intercapedine l'aria compressa forma un film d'acqua che diventa instabile e si scompone in goccioline. Dopo che le goccioline escono dall'ugello, l'elevata turbolenza del getto può causare una seconda atomizzazione delle goccioline, con conseguente miglioramento ulteriore nella distribuzione delle dimensioni delle gocce. Sia la linea dell'acqua che quella dell'aria compressa operano in un regime di bassa pressione dai 3-12[bar], mentre l'angolo del cono spray varia tra 20 ° e 120 ° con dimensioni delle goccioline di Classe 1 e 2. I nebulizzatori di questo tipo sono stati ampiamente nel settore industriale per molti anni grazie all'elevata affidabilità e alla minore probabilità di intasarsi grazie alla dimensione più grande dell'orifizio e alla bassa pressione di esercizio.

Lo svantaggio principale è il costo del sistema, dal momento che richiede due linee di alimentazione per aria e acqua e la necessità di stoccare una quantità sufficiente di aria compressa. Inoltre, anche la quantità di moto delle gocce d'acqua nebulizzata è relativamente bassa a causa della bassa pressione di scarico, a discapito del potere estinguente in confronto agli altri tipologie di ugelli. Recentemente, sono stati effettuati test in scala reale presso il National Research Council del Canada per confrontare le prestazioni di un ugello a singolo fluido operante ad alta pressione con un ugello a doppio fluido operante a bassa pressione e ne sono state le condizioni operative: il sistema a nebbia d'acqua a fluido singolo ha una pressione di scarico di 70 [bar] e la quantità d'acqua erogata è di 78 [Lpm], mentre il “*twin fluid*” con una pressione di scarico di 5,78 [bar] per l'acqua e di 5,57[bar] per l'aria ha una scarica totale di 70 [Lpm]. I risultati dei test hanno dunque dimostrato che l'utilizzo del “*twin fluid*” come sistema di nebulizzazione dell'acqua non permetteva la soppressione efficace di alcuni scenari di incendio che invece l'altro tipo di ugello avrebbe estinto. Ruolo fondamentale ha svolto la ventilazione che ha avuto un impatto più forte nelle prestazioni del sistema a bassa pressione a causa della scarsa quantità di moto delle goccioline, come su detto.

2.7 Campi di applicazione

Grazie alla versatilità e ai vantaggi offerti dall'acqua nebulizzata, il sistema Water Mist negli anni ha allargato sempre più i propri orizzonti ed in particolare il campo di applicazione. Come già visto nel 1996 si è inserito nel mercato del settore navale per poi prendere piede anche nella terraferma, sia per quanto riguarda il contesto civile che quello industriale.

2.7.1 Navale

- Navi militari
- Navi passeggeri
- Yachts

Diversi esempi sono riportati in Figura 2.7-1.

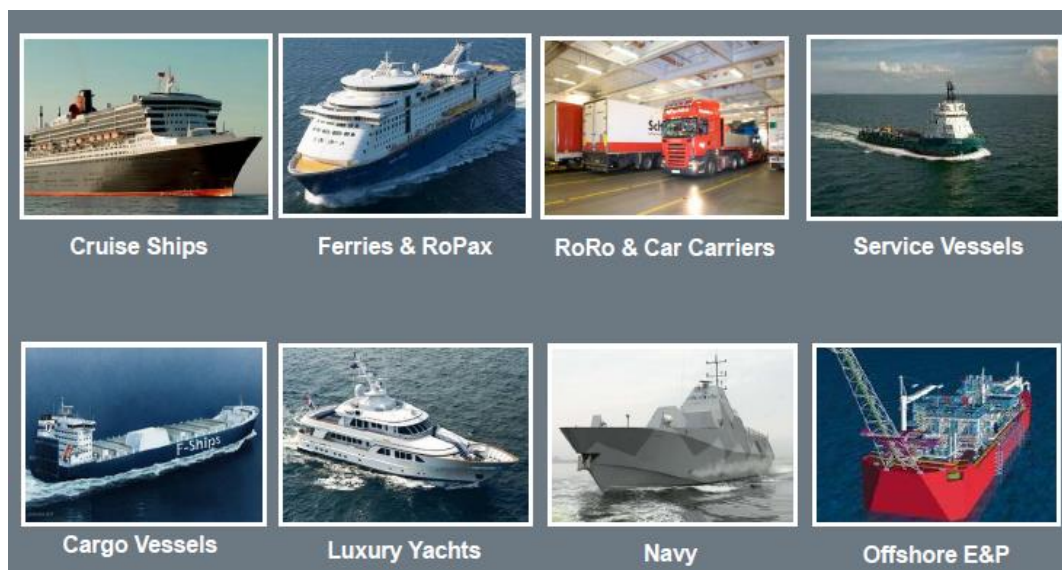


Figura 2.7-1: Tipologie di imbarcazione nelle quali può essere installato un impianto Water Mist

2.7.2 Civile

- Alberghi come ad esempio l'hotel Danieli di Venezia, in Figura 2.7-2
- Grattacieli
- Uffici
- Archivi
- Biblioteche
- Ospedali e cliniche

- Centri commerciali



Figura 2.7-2: Hotel Danieli di Venezia

2.7.3 Patrimonio artistico e storico

- Musei e Pinacoteche
- Gallerie d'arte
- Edifici storici e di prestigio architettonico
- Teatri
- Chiese come la Basilica di San Marco a Venezia, in Figura 2.7-3, per la protezione dei sottotetti lignei di altezza ridotta e delle cupole lignee.

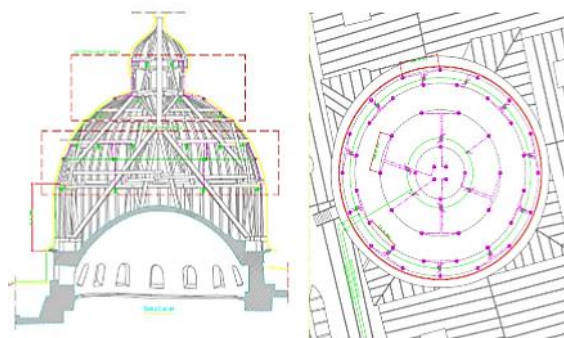


Figura 2.7-3: La Basilica di San Marco (a sinistra); il progetto definitivo dell'impianto Water Mist installato nei sottotetti lignei e nelle cupole lignee della Basilica di San Marco (a destra)

2.7.4 Industriale

- Magazzini e depositi
- Ambienti petroliferi Onshore e Offshore
- Ambienti petrolchimici
- Turbine
- Generazione di energia e centrali elettriche
- Gallerie cavi e cavidotti
- Sale telecomunicazione, informatiche, elettriche come ad esempio le sale controllo del nuovo acceleratore sotterraneo al CERN di Ginevra;
- Laboratori, come quello dell'INFN nel Gran Sasso;
- Locali macchina
- Aree produttive
- Serbatoi di prodotti petroliferi

2.7.5 Trasporti

- Veicoli ferrotranviari
- Gallerie/Tunnel, come ad esempio il Tunnel nell'Autostrada A86 di Parigi o quello della Tangenziale M30 di Madrid;
- Stazioni e Metropolitane, come ad esempio l'Underground di Londra;
- Aeroporti

Capitolo 3

Principi idraulici di progettazione

Nel seguente capitolo verranno presentate le generalità riguardo il dimensionamento dell'impianto *Water Mist* e i principi idraulici che regolano la scelta delle caratteristiche tecniche e delle componenti impiantistiche del sistema. Importante in questa fase è dunque l'analisi dei rischi il cui scopo è principalmente definire il livello di rischio incendio dell'area interessata., facendo sempre riferimento agli standard precedentemente citati.

3.1 Procedura standard di dimensionamento

Come già visto in precedenza, per il dimensionamento dell'impianto *Water Mist* gli standard tecnici non si configurano come una vera e propria linea guida, considerato il fatto che questo sistema nasce da un approccio di tipo prestazionale in quanto tutti i parametri critici per la progettazione e l'installazione devono essere definiti in un test di spegnimento in scala reale, rappresentativo della tipologia d'incendio in esame.

Per questo motivo ogni impianto ad acqua nebulizzata è unico nel suo genere; tuttavia grazie alla norma UNI 12845 relativa agli impianti sprinkler, è comunque possibile andare a identificare, sulla base dell'analisi del rischio, quali saranno le condizioni operative dell'impianto da progettare, utilizzando come schema procedurale quello riportato in Figura 3.1-1.

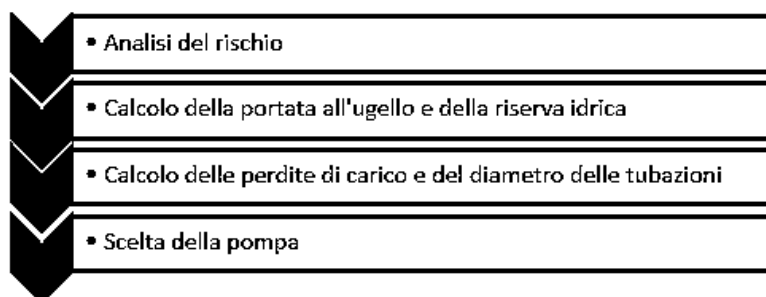


Figura 3.1-1: *Procedura standard di dimensionamento dell'impianto Water Mist*

3.2 Analisi del rischio

L'analisi del rischio è un processo di fondamentale importanza che mira a identificare nell'area interessata quali siano le sostanze presenti e i loro quantitativi, nonché le possibili sorgenti di innesco. Tuttavia, secondo la UNI 12845 non è necessario calcolare il carico di incendio ma comunque definire una certa categoria di rischio sulla base della partecipazione all'incendio dei materiali presenti ossia:

- **Pericolo lieve – LH:** attività con bassi carichi d'incendio e bassa combustibilità ed aventi ciascun singolo compartimento non maggiore di 126 m² e con una resistenza al fuoco di almeno 30 min.
- **Pericolo ordinario – OH:** attività in cui vengono trattati o prodotti materiali combustibili con un carico d'incendio medio e media combustibilità. Questa categoria è ulteriormente suddivisa in 4 gruppi:
 - OH1, Pericolo Ordinario Gruppo 1;
 - OH2, Pericolo Ordinario Gruppo 2;
 - OH3, Pericolo Ordinario Gruppo 3;
 - OH4, Pericolo Ordinario Gruppo 4.
- **Alto rischio, processo – HHP:** attività in cui vengono utilizzati e manipolati materiali con un elevato carico di incendio e un'elevata combustibilità tale da essere in grado di sviluppare una rapida propagazione dell'incendio. Si tratta dunque di attività legate all'industria di processo ed in particolare si suddivide ulteriormente in:
 - HHP1, Alto rischio, processo Gruppo 1;
 - HHP2, Alto rischio, processo Gruppo 2;
 - HHP3, Alto rischio, processo Gruppo 3;
 - HHP4, Alto rischio, processo Gruppo 4.
- **Alto rischio, depositi – HHS:** il rischio di incendio delle merci immagazzinate dipende della combustibilità dei materiali che vengono immagazzinati, compreso il loro imballaggio, e della configurazione di stoccaggio. Si considerano dunque i depositi di materiali che superano determinati limiti di altezza ed in particolare si suddivide ulteriormente in:
 - HHS1, Alto rischio, depositi Gruppo 1;
 - HHS2, Alto rischio, depositi Gruppo 2;

- HHS3, Alto rischio, depositi Gruppo 3;
- HHS4, Alto rischio, depositi Gruppo 4.

3.2.1 Classificazione del rischio

Le tabelle dell'Appendice A della norma UNI 12845, riportate nelle Figure (3.2-1; 3.2-4), contengono elenchi di classificazione dei rischi minimi. Essi devono essere utilizzati anche come guida per le occupazioni non specificamente menzionate.

Table A.1 — Light Hazard occupancies

Schools and other educational institutions (certain areas) see 6.2.2
Offices (certain areas) see 6.2.2
Prisons

Figura 3.2-1: Tabella A.1 della norma UNI 12845 riportante la suddivisione di alcuni materiali per le diverse classi di rischio di tipo lieve (LH)

Table A.2 — Ordinary Hazard occupancies

Occupancy	Ordinary hazard group			
	OH1	OH2	OH3	OH4
Glass and ceramics			Glass factories	
Chemicals	Cement works	Photographic film factories	Dyers works soap factories Photographic laboratories Paint application shops with water based paint	
Engineering	Sheet metal product factories	Metal working	Electronics factories Radio equipment factories Washing machine factories Car workshops	
Food and beverages		Abattoirs, meat factories Bakeries Biscuit factories Breweries Chocolate factories Confectionery Dairies Factories	Animal fodder factories Corn mills Dehydrated vegetable and soup factories Sugar factories	Alcohol distilleries
Miscellaneous	Hospitals Hotels Libraries (excluding book stores) Restaurants Schools (see	Laboratories (physical) Laundries Car parks Museums	Broadcasting studios (small) Railway stations Plant (technical) room Farm building	Cinemas and theatres Concert halls tobacco factories Film and TV Production Studio

Figura 3.2-1: Tabella A.2 della norma UNI 12845 riportante la suddivisione di alcuni materiali per le diverse classi di rischio di tipo ordinario (OH)

Occupancy	Ordinary hazard group			
	OH1	OH2	OH3	OH4
	6.2.2) Offices (see 6.2.2)			
Paper			Book binding factories cardboard factories paper factories	Waste paper processing
Shops and offices	Data processing (computer room, excluding tape storage) Offices see 6.2.2		Department stores shopping centre	Exhibition halls ^a
Textiles and clothing		Leather goods factories	Carpet factories (excluding rubber and foam plastics) Cloth and clothing factories fibre board factories Footwear factories (excluding plastics and rubber) Knitting factories linen factories Mattress factories (excluding foam plastics) Sewing factories weaving mills Woolen and worsted mills	Cotton mills Flax preparation plants Hemp preparation plants
Timber and wood			Woodworking factories Furniture factories (without foam plastics) Furniture showrooms Upholstery (without foam plastics) factories	Saw mills Plywood factories
NOTE Where there is painting or other similar high fire load areas in a OH1 or OH2 occupancy, they should be treated as OH3.				
^a Excessive clearance shall be taken into consideration.				

Figura 3.2-2: continuazione della Tabella A2 riportata nella Figura precedente

Table A.3 — High Hazard Process occupancies

HHP1	HHP2	HHP3	HHP4
Floor cloth and linoleum manufacture	Fire lighter manufacture	Cellulose nitrate manufacture	Firework manufacture
Resin, lamp black and turpentine manufacture	Tar distilling	Rubber tyres for cars and lorries	
Rubber substitute manufacture	Depots for buses, un-laden lorries and railway carriages	Manufacture of material factor m3 (see table b.1) foam plastics, foam rubber and foam rubber goods manufacture (excluding m4 see table b.1)	
Wood wool manufacture	Candle wax and paraffin manufacturers		
Match manufacturers	Paper machine hails		
Paint application shops with solvent	Carpet factories including rubber and foam plastics		
Refrigerator factories	Saw mill		
Printing works	Chipboard manufacturing (1)		
Cable factories for PP/PE/PS or similar burning characteristics other than OH3	Paint, colour and varnish manufacture		
Injection moulding (plastics) for PP/PE/PS or similar burning characteristics other than OH3			
Plastics factories and plastic goods (excluding foam plastics) for PP/PE/PS or similar burning characteristics other than OH3			
Rubber goods factories synthetic fibre factories (excluding acrylic)			
Rope factories			
Carpet factories including unexpanded plastics			
footwear factories including plastics and rubber			
NOTE Additional object protection might be necessary.			

Figura 3.2-3: Tabella A.2 della norma UNI 12845 riportante la suddivisione di alcuni materiali per le diverse classi di rischio di tipo elevato nell'ambito dei processi (HHP)

3.2.2 Area operativa

Una volta definita la classe di rischio si procede con la scelta della tipologia di sistema da installare e quindi alla definizione dell'area operativa, utilizzando la Tabella 3 della normativa, riportata in Figura 3.2-5.

L'area operativa in particolare andrà poi a collocarsi all'interno della zona interessata dall'estensione dell'impianto considerando la condizione idraulicamente più sfavorevole.

Table 3 — Design criteria for LH, OH and HHP

Hazard Class	Design Density mm/min	Area of Operation m ²	
		Wet or pre-action	Dry or alternate
LH	2,25	84	Not allowed Use OH1
OH1	5,0	72	90
OH2	5,0	144	180
OH3	5,0	216	270
OH4	5,0	360	Not allowed Use HHP1
HHP1	7,5	260	325
HHP2	10,0	260	325
HHP3	12,5	260	325
HHP4	deluge (see NOTE)		
NOTE	Needs special consideration. Deluge systems are not covered by this standard.		

Figura 3.2-4: Tabella 3 della norma UNI 12845 riportante i valori dell'area operativa da considerare nella progettazione, in relazione alla classe di rischio individuata.

Secondo quanto riportato nella norma UNI 12845:2015 per l'identificazione della posizione idraulicamente più sfavorevole si procede identificando un'area operativa quanto più simile alla forma rettangolare, simmetrica rispetto alla disposizione dello sprinkler e come segue:

- in caso di configurazioni aperte o ad anello in (Figura 3.2-5 e 3.2-6), l'estremità dell'area deve essere definita mediante la diramazione, o la coppia di diramazioni con disposizione a spina. Gli sprinkler che non costituiscono una diramazione completa o coppia di diramazioni devono essere raggruppati il più vicino possibile alla tubazione di distribuzione sulla fila successiva verso l'area rettangolare;
- in caso di configurazioni a griglia, (Figura 3.2-7), in cui le diramazioni corrono parallele al colmo di un tetto che possiede una pendenza maggiore di 6° o lungo campate formate da travi profonde più di 1,0 m, il lato maggiore dell'area deve possedere una lunghezza L parallela alle diramazioni, in modo tale che L sia maggiore o uguale a due volte la radice quadrata dell'area operativa;
- in tutte le altre configurazioni a griglia il lato maggiore dell'area deve avere una lunghezza L parallela alle diramazioni, in modo tale che L sia maggiore o uguale a 1,2 volte la radice quadrata dell'area operativa.

Si intende dunque come area operativa quella più idraulicamente sfavorevole e quindi più lontana dalla stazione di pompaggio o comunque quella maggiormente soggetta al rischio incendio, considerando comunque una distribuzione degli ugelli il più omogenea possibile.

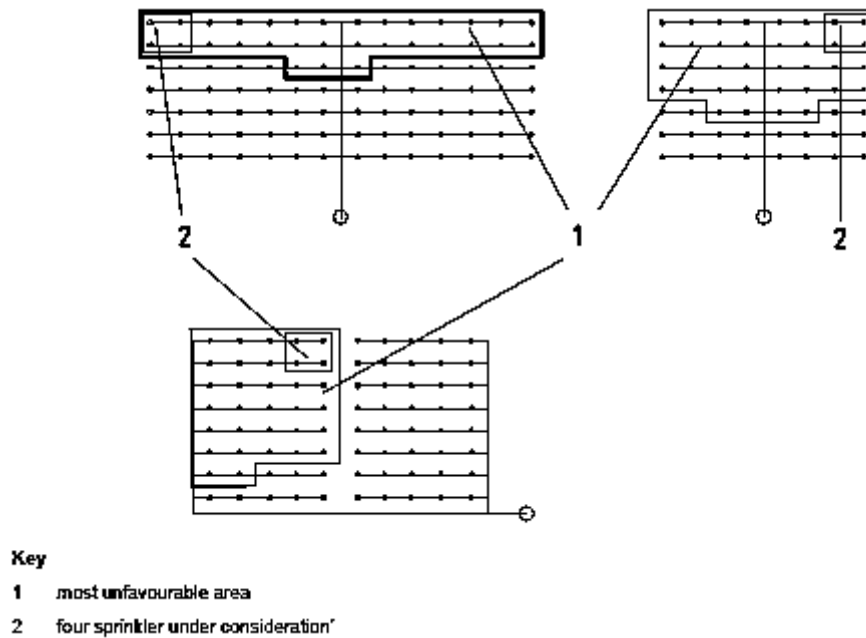


Figura 3.2-5: Collocazione dell'area più sfavorevole in relazione allo sviluppo dell'impianto con configurazione a pettine o a spina

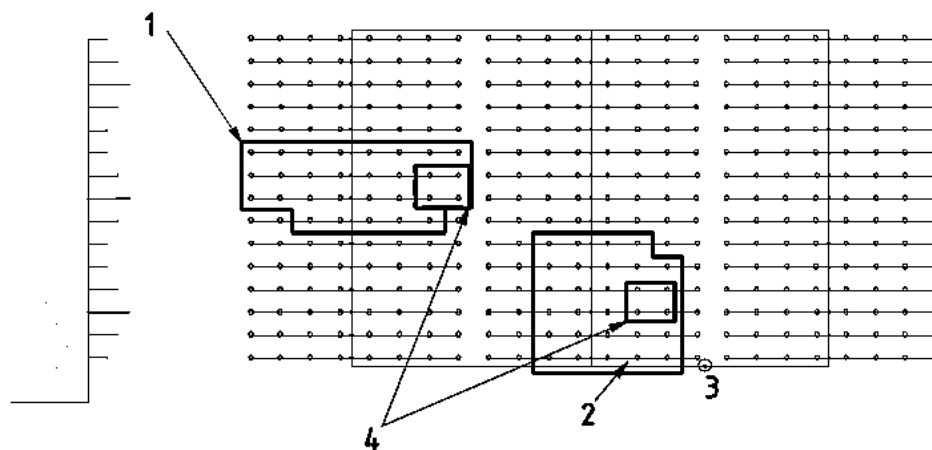


Figura 3.2-6: Collocazione dell'area più sfavorevole in relazione allo sviluppo dell'impianto con configurazione ad anello

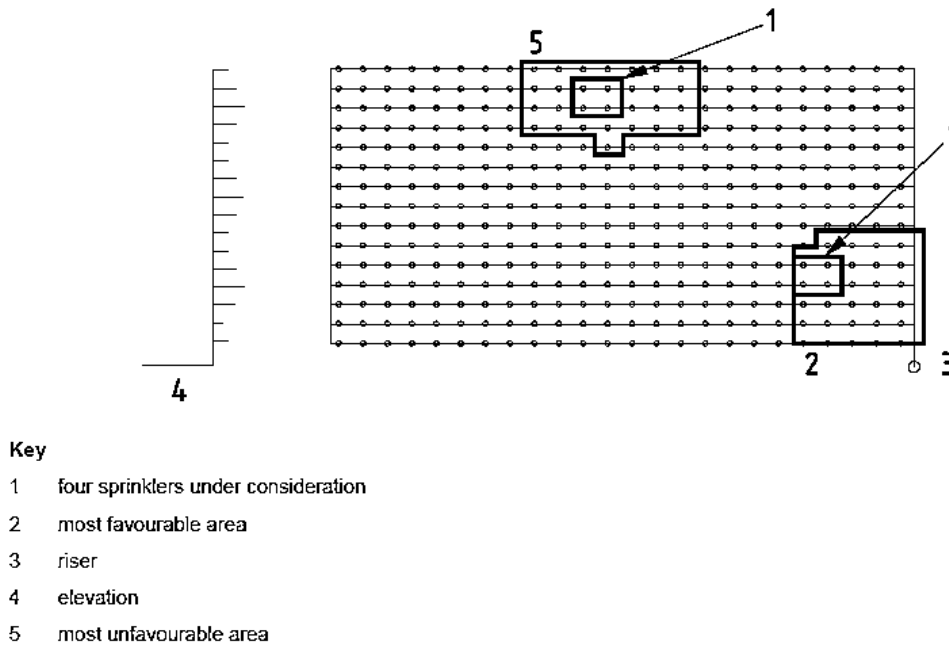


Figura 3.2-7: Collocazione dell'area più sfavorevole in relazione allo sviluppo dell'impianto con configurazione a griglia

3.2.3 Durata

Conoscere la durata di scarica dell'acqua permette di dimensionare l'approvvigionamento idrico che deve essere in grado di fornire automaticamente almeno le condizioni di pressione-flusso richieste dall'impianto. Secondo la normativa dunque ogni alimentazione idrica deve avere una capacità sufficiente per le durate minime riportate in Tabella 3.2-1.

Tabella 3.2-1: durata minima di funzionamento della scarica d'acqua in relazione alla classe di rischio individuata

Classe di rischio	Durata [min]
LH	30
OH	60
HHP	90
HHS	90

Importante è sottolineare che l'alimentazione idrica non deve essere soggetta a possibili condizioni di congelamento, di siccità o di allagamento, nonché qualsiasi altra condizione che potrebbe ridurre il flusso o l'effettiva portata oppure rendere non operativa l'alimentazione.

Per tale motivo devono essere prese in considerazione tutte le possibili azioni utili ad assicurare la continuità ed affidabilità dell'alimentazione idrica.

3.3 Calcolo della portata all'ugello e della riserva idrica

Una volta definita la pressione operativa, si procede con il calcolo della portata all'ugello. Facendo riferimento alla Figura 3.3-1, per calcolare la porta di scarico di un ugello si deve utilizzare la legge di Bernulli di conservazione dell'energia, riportata in equazione (3.1).

$$\Delta P + \frac{1}{2} \rho (v_A^2 - v_B^2) + \rho g (z_A - z_B) + \Sigma y = 0 \quad (3.1)$$

dove

ΔP : differenza di pressione ($P_A - P_B$) tra le due sezioni di riferimento [*bar*]

ρ : densità del fluido [*kg/m³*]

v : velocità del fluido calcolata sulla sezione di riferimento [*m/s*]

g : accelerazione di gravità [*m/s²*]

z : altezza geometrica calcolata alla sezione di riferimento [*m*]

Σy : perdite di carico [*bar*]

In particolare, considerate le due sezioni di riferimento non troppo distanti tra loro, le perdite per attrito e per turbolenza che generano dissipazione di energia vengono trascurate. Se ne ricava l'equazione (3.2):

$$P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g z_A = P_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho g z_B \quad (3.2)$$

Considerando poi che:

- $z_A = z_B$ in quanto le sezioni di riferimento vengono prese a distanze infinitesimali dall'orifizio dell'ugello
- $P_B = 0$ (in quanto P_A è una pressione differenziale riferita alla pressione atmosferica)
- $V_A = 0$ in quanto trascurabile rispetto alla velocità assunta attraverso l'orifizio molto più piccolo rispetto il diametro del condotto

allora si giunge alla relazione (3.3), da cui si ottiene la velocità del fluido all'ugello espressa dalla relazione (3.4):

$$P_A = \frac{1}{2} \rho v_B^2 \quad (3.3)$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2 P_A}{\rho}} = C \sqrt{P} \quad (3.4)$$

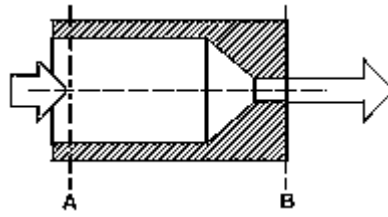


Figura 3.3-1: schematizzazione di un ugello con relative sezioni di riferimento per il calcolo della portata in B.

Se si definisce una nuova costante k , valore di riferimento dei diversi tipi di ugello, che rende conto della sezione di emissione dell'orifizio dell'ugello, allora se ne può calcolare la portata, utilizzando le relazioni (3.5) e (3.6):

$$Q = A * v = A * C * \sqrt{P} \quad (3.5)$$

$$Q = k\sqrt{P} \quad (3.6)$$

dove:

Q = portata all'ugello [l/min]

k =costante data dal produttore [$l/min * bar^{0.5}$]

P = pressione all'ugello [bar]

Una volta calcolata la portata all'ugello, si procede dimensionando la riserva idrica attraverso la relazione (3.7):

$$V_{tot} = Q * n * t \quad (3.7)$$

dove:

V_{tot} : volume d'acqua della riserva idrica [l]

Q : portata all'ugello [l/min]

T : durata minima di operatività dell'impianto [min]

N : numero di sprinklers installati nell'area operativa [$adim$]

3.4 Dimensionamento delle tubazioni e calcolo delle perdite di carico

Per il dimensionamento del circuito idraulico risulta necessario innanzitutto conoscere le proprietà del fluido alle condizioni operative prestabilite (pressione, temperatura), calcolando quindi densità e viscosità.

3.4.1 Dimensionamento del diametro dei tubi

Una volta ipotizzato un valore di velocità di scorrimento del fluido per il dimensionamento del diametro dei tubi si procede con il calcolo della sezione di passaggio e con il calcolo del diametro interno in relazione alla portata, utilizzando le relazioni (3.8) e (3.9):

$$A = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot v} \quad (3.8)$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (3.9)$$

dove:

\dot{m} : portata del fluido [kg/s]

ρ : densità del fluido [kg/m³]

v : velocità del fluido [m/s]

Una volta calcolato il valore del diametro si sceglie il valore del diametro interno ed esterno da opportuni elenchi di tubazioni standard commerciali, un esempio è quello di Figura 3.5-1.

Attraverso la relazione (3.10), si calcola dunque lo spessore minimo della tubazione.

$$s_{min} = \frac{PN \cdot d_e}{20 \sigma_m + PN} \quad (3.10)$$

dove:

s_{min} : spessore minimo richiesto [mm]

d_e : diametro esterno della tubazione [mm]

PN : pressione nominale [bar]

σ_m : sollecitazione massima ammissibile [N/mm²]

Si conclude il dimensionamento ricalcolando la velocità con il nuovo valore del diametro interno tabulato, verificando se rientra nel range di valori del fluido all'interno delle tubazioni

TABLE 10-18 Properties of Steel Pipe

Nominal pipe size, in	Outside diameter, in	Schedule no.	Wall thickness, in	Inside diameter, in	Cross-sectional area		Circumference, ft or surface, ft ² /ft of length		Capacity at 1-ft/s velocity		Weight of plain-end pipe, lb/ft
					Metal, in ²	Flow, ft ²	Outside	Inside	U.S. gal/min	lb/h water	
¼	0.405	10S	0.049	0.307	0.058	0.00051	0.106	0.0804	0.231	115.5	0.19
		40ST, 40S	.068	.269	.072	.00040	.106	.0708	.179	89.5	.24
		80XS, 80S	.098	.215	.093	.00025	.106	.0563	.113	56.5	.31
½	0.540	10S	.068	.410	.097	.00092	.141	.107	.412	206.5	.33
		40ST, 40S	.088	.364	.125	.00072	.141	.098	.323	161.5	.42
		80XS, 80S	.119	.302	.157	.00050	.141	.079	.224	112.0	.54
¾	0.675	10S	.068	.545	.125	.00162	.177	.143	.727	363.5	.42
		40ST, 40S	.091	.493	.167	.00133	.177	.129	.596	298.0	.57
		80XS, 80S	.126	.423	.217	.00098	.177	.111	.440	220.0	.74
1	0.840	5S	.068	.710	.158	.00275	.220	.186	1.234	617.0	.54
		10S	.083	.674	.197	.00248	.220	.176	1.112	556.0	.67
		40ST, 40S	.109	.622	.250	.00211	.220	.163	0.945	472.0	.85
		80XS, 80S	.147	.546	.320	.00163	.220	.143	0.730	365.0	1.09
		160	.188	.464	.385	.00117	.220	.122	0.527	263.5	1.31
		XX	.294	.252	.504	.00035	.220	.066	0.155	77.5	1.71
1½	1.050	5S	.068	.920	.201	.00461	.275	.241	2.072	1036.0	0.69
		10S	.083	.884	.252	.00426	.275	.231	1.903	951.5	0.86
		40ST, 40S	.113	.824	.333	.00371	.275	.216	1.665	832.5	1.13
		80XS, 80S	.154	.742	.433	.00300	.275	.194	1.345	672.5	1.47
		160	.219	.612	.572	.00204	.275	.160	0.917	455.5	1.94
		XX	.308	.434	.718	.00103	.275	.114	0.461	230.5	2.44
2	1.315	5S	.068	1.185	.255	.00768	.344	.310	3.449	1725	0.87
		10S	.109	1.097	.413	.00656	.344	.287	2.946	1473	1.40
		40ST, 40S	.133	1.049	.494	.00600	.344	.275	2.690	1345	1.68
		80XS, 80S	.179	0.957	.639	.00499	.344	.250	2.240	1120	2.17
		160	.250	0.815	.836	.00362	.344	.213	1.625	812.5	2.84
		XX	.358	0.599	1.076	.00196	.344	.157	0.878	439.0	3.66
2½	1.660	5S	.068	1.530	0.326	.01277	.435	.401	5.73	2855	1.11
		10S	.109	1.442	0.531	.01134	.435	.378	5.09	2545	1.81
		40ST, 40S	.140	1.380	0.668	.01040	.435	.361	4.57	2285	2.27
		80XS, 80S	.191	1.278	0.881	.00891	.435	.335	3.99	1995	3.00
		160	.250	1.160	1.107	.00734	.435	.304	3.29	1645	3.76
		XX	.382	0.896	1.534	.00438	.435	.235	1.97	985	5.21
3	1.900	5S	.068	1.770	0.375	.01709	.497	.463	7.67	3835	1.28
		10S	.109	1.682	0.614	.01543	.497	.440	6.94	3465	2.09
		40ST, 40S	.145	1.610	0.800	.01414	.497	.421	6.34	3170	2.72
		80XS, 80S	.200	1.500	1.069	.01225	.497	.393	5.49	2745	3.63
		160	.281	1.338	1.429	.00976	.497	.350	4.38	2190	4.86
		XX	.400	1.100	1.885	.00660	.497	.288	2.96	1480	6.41
4	2.375	5S	.068	2.245	0.472	.02749	.622	.588	12.34	6170	1.61
		10S	.109	2.157	0.776	.02538	.622	.565	11.39	5695	2.64
		40ST, 40S	.154	2.067	1.075	.02330	.622	.541	10.45	5225	3.69
		80ST, 80S	.218	1.939	1.477	.02050	.622	.508	9.20	4600	5.02
		160	.344	1.687	2.195	.01552	.622	.436	6.97	3455	7.46
		XX	.436	1.503	2.656	.01232	.622	.393	5.53	2765	9.03
5	2.875	5S	.083	2.709	0.728	.04003	.753	.709	17.97	8955	2.48
		10S	.120	2.635	1.039	.03787	.753	.690	17.00	8500	3.53
		40ST, 40S	.203	2.469	1.704	.03322	.753	.647	14.92	7460	5.79
		80XS, 80S	.276	2.323	2.254	.02942	.753	.608	13.20	6600	7.66
		160	.375	2.125	2.945	.02463	.753	.556	11.07	5535	10.01
		XX	.552	1.771	4.028	.01711	.753	.464	7.68	3840	13.69

Figura 3.5-1: Tabella 10-18 del Perry's Chemical Engineering riportante alcune proprietà delle tubazioni in acciaio alle quali si può fare riferimento in fase di progettazione

3.4.2 Calcolo delle perdite di carico

Le perdite di carico lungo un circuito idraulico si dividono in perdite di carico concentrate ($\Delta P_{c,tot}$) e distribuite (ΔP_d). Una volta calcolati i corrispondenti valori si andranno a sommare, secondo l'equazione (3.11), per ottenere le perdite di carico totali ΔP che verranno considerate nella scelta della pompa.

$$\Delta P = \Delta P_{c,tot} + \Delta P_d \quad (3.11)$$

3.4.2.1 Perdite di carico concentrate

Le perdite di carico concentrate (ΔP_c) principalmente dovute alla geometria dell'impianto, ossia alla presenza di raccordi, valvole, curve, dislivelli attraverso i quali il flusso subisce una variazione maggiore o uguale a 45° , ecc.

Possono venire calcolate con il metodo delle altezze cinetiche secondo la relazione (3.12) e (3.13) o con il metodo dei diametri equivalenti come in relazione (3.14).

$$h_{c,tot} = \frac{v^2}{2g} \sum e_y \quad (3.12)$$

dove:

v : velocità fluido [m/s]

g : accelerazione di gravità [m/s^2]

e_y : altezze cinetiche tabulate, vedi Figura 3.4-2 [$adim$]

da cui:

$$\Delta P_{c,tot} = h_{c,tot} * \rho g \quad (3.13)$$

Kinetic Energy Factors	
Type of fitting or configuration	e_y
Elbow, 45°	0.35
Elbow, 90°	0.75
Tee	1
Return bend	1.5
Coupling	0.04
Union	0.04
Gate valve (wide open)	0.17
Gate valve (half open)	4.5
Globe valve (wide open)	6
Globe valve (half open)	9.5
Angle valve (wide open)	2
Check valve (ball)	70
Check valve (swing)	2
Water meter (disk)	7
Rounded entrance to pipe	0.05
Sudden contraction	$0.45(1-B)^*$
Sudden expansion	$(1/B-1)^2$
Expansion into infinite reservoir	1^{**}
Orifice	$2.7(1-B)(1-B^2)/B^2$

* $B = \{\text{smaller cross-sectional area}\} / \{\text{larger cross-sectional area}\}$

** for this case, use the upstream value of C_v

Figura 3.4-1: valori delle altezze cinetiche e_y

Per quanto riguarda il metodo dei diametri equivalenti:

$$L_{eq} = n_{i-eq} * d_i \quad (3.14)$$

dove:

d_i : diametro interno della tubazione [mm]

n_{i-eq} : diametri equivalenti tabulati in Figura 3.4-3 [adim]

Il valore di $\Delta P_{c,tot}$ viene dunque calcolato con il metodo delle perdite di carico distribuite, secondo la relazione (3.16), considerando $L=L_{eq}$.

Nominal or Standard Size		Fittings								Valves					
		Standard Ell		Tee				Coupling							
				Side Branch	Straight Run										
m m	i n.	m	f t	m	f t	m	f t	m	f t	m	f t	m	f t	m	f t
9.53	3⁄8	0.15	0.5	—	—	0.46	1.5	—	—	—	—	—	—	0.46	1.5
12.7	1⁄2	0.31	1	0.15	0.5	0.61	2	—	—	—	—	—	—	0.61	2
15.88	5⁄8	0.46	1.5	0.15	0.5	0.61	2	—	—	—	—	—	—	0.76	2.5
19.05	3⁄4	0.61	2	0.15	0.5	0.91	3	—	—	—	—	—	—	0.91	3
25.4	1	0.76	2.5	0.31	1	1.37	4.5	—	—	0.15	0.5	—	—	1.37	4.5
31.75	1¼	0.91	3	0.31	1	1.68	5.5	0.15	0.5	0.15	0.5	—	—	1.68	5.5
38.1	1½	1.22	4	0.46	1.5	2.13	7	0.15	0.5	0.15	0.5	—	—	1.98	6.5
50.8	2	1.68	5.5	0.61	2	2.74	9	0.15	0.5	0.15	0.5	0.15	0.5	2.74	9
63.5	2½	2.13	7	0.76	2.5	3.66	12	0.15	0.5	0.15	0.5	—	0.31 1	3.05 10	3.51 11.5

Figura 3.4-2: tabella delle lunghezze equivalenti n_{i-eq} corrispondenti a valori di $C=150$.
Per valori diversi di C risulta necessario moltiplicare ciascun valore per un fattore moltiplicativo in Figura 3.4-4

Value of C	100	120	130	140
Multiplying factor	0.472	0.662	0.767	0.880

Figura 3.4-3: fattori moltiplicativi da utilizzare nel caso di C diversi da 150 (vedi Figura 3.4-6)

3.4.2.2 Perdite di carico distribuite

Le perdite di carico distribuite (ΔPd) sono dovute principalmente alle perdite per attrito lungo l'intera tubazione, in relazione alla rugosità.

Esistono diversi metodi per il calcolo delle perdite di carico distribuite; tuttavia secondo la norma NFPA 750, risulta opportuno utilizzare la formula di Hazen-Williams, espressa in relazione (3.15) per i sistemi a bassa pressione, mentre per quelli a media-alta pressione si ricorre al metodo di Darcy-Weisbach, riportato in relazione (3.16).

$$p = \frac{6.05 * Q^{1.85} * 10^5}{C^{1.85} * D^{4.87}} \quad (3.15)$$

dove

p : perdita unitaria per metro di tubazione [bar/m]

Q : portata [l/min]

C : costante che dipende dalla natura del tubo [$adim$]

D : diametro interno [mm]

$$\Delta Pd = 2.252 \frac{f * L * \rho * Q^2}{d^3} \quad (3.16)$$

dove:

Q : portata [l/min]

ρ : densità [kg/m^3]

d = diametro [mm]

μ = viscosità dinamica [cP]

L =lunghezza tubazione [m]

f = fattore d'attrito calcolato utilizzando il diagramma di Moody, in Figura 3.4-5 [bar/m], una volta calcolati il numero di Reynolds e la rugosità relativa secondo le rispettive equazioni (3.17) e (3.18)

ε = rugosità assoluta [mm], ottenibile con Figura 3.4-6

$$Re = 21.22 \frac{Q * \rho}{d * \mu} \quad (3.17)$$

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{d} \quad (3.18)$$

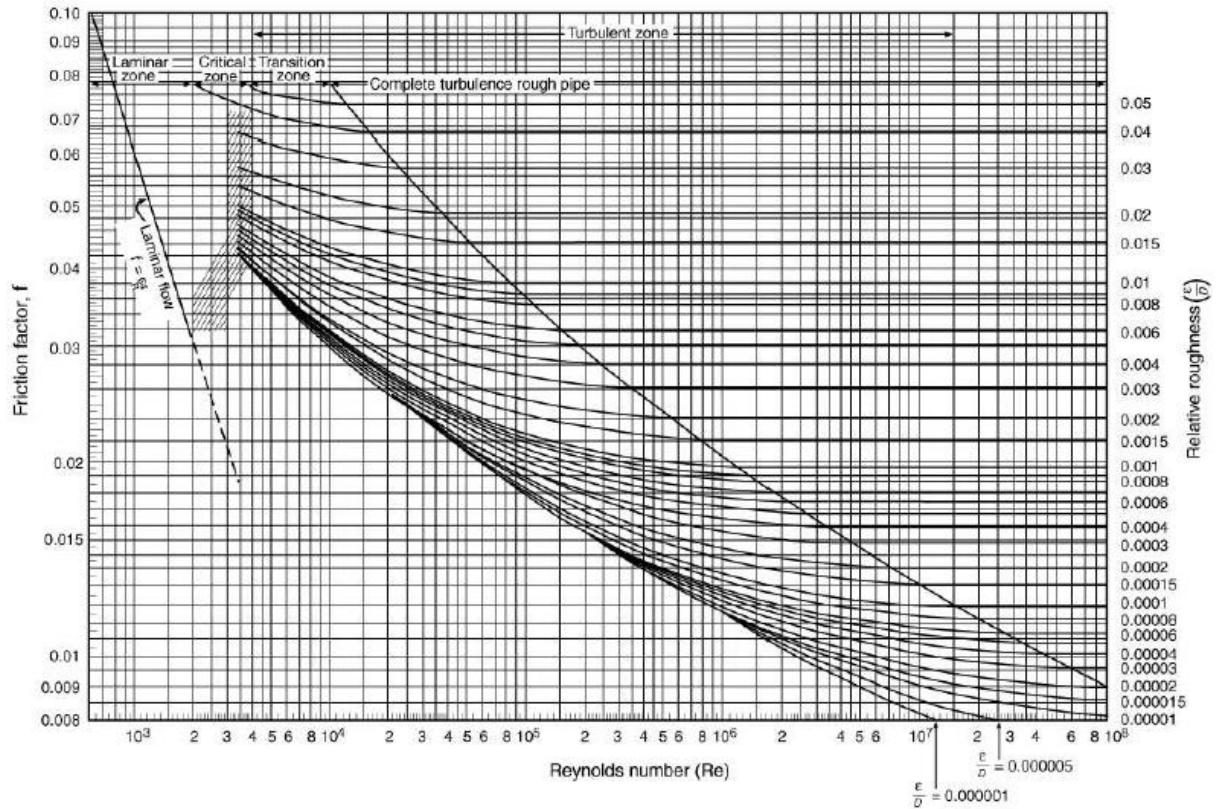


Figura 3.4-4: Diagramma di Moody

Pipe Material	Design Value of Epsilon		H-W equivalent (C factor)
	mm	ft	
Copper, copper nickel	0.0015	0.000005	150
Stainless steel drawn tubing (claimed by manufacturer)	0.0009	0.000003	160
Stainless steel pipe (= wrought iron pipe)	0.0451	0.00015	140

 Figura 3.4-5: valori di ϵ e di C in relazione alla tipologia di tubazione

Secondo la normativa risulta comunque possibile calcolare le perdite di carico distribuite attraverso la relazione (3.15) anche nel caso di sistemi a media- alta pressione aventi diametro minimo della tubazione di 20 mm e considerando comunque che la velocità dell'acqua non deve superare i 7,6 m/s.

3.5 Scelta della pompa

Le pompe sono macchine operatrici che trasformano l'energia meccanica fornita da un motore in energia cinetica e di pressione del liquido necessaria per vincere le perdite di carico e le eventuali differenze di pressione, calcolate come visto in precedenza, allo scopo di ottenere lo spostamento del fluido. L'energia richiesta da una macchina dipende dunque da:

- altezza a cui occorre spostare il fluido;
- pressione richiesta nel punto finale;
- lunghezza e diametro della tubazione;
- portata e caratteristiche fisiche del fluido (viscosità e densità).

3.5.1 Generalità sulle pompe

In generale le pompe sono apparecchiature dinamiche aventi parti in movimento necessarie per il pompaggio dei fluidi. A tal proposito esistono due tipologie di macchine:

- Cinetiche, nelle quali una parte mobile trasferisce al liquido energia cinetica che solo successivamente si trasforma in energia di pressione. Queste si classificano in:
 - Centrifughe
 - A turbina
- A spostamento, nelle quali l'organo in movimento spinge il liquido che assume energia meccanica di spostamento e percepisce direttamente un aumento di pressione. Anche queste si classificano a loro volta:
 - Alternative
 - Rotative

Nello specifico la quantità di energia da fornire al liquido per farlo muovere all'interno di un condotto si calcola mediante l'equazione di Bernulli, espressa secondo la relazione (3.19). Si definisce dunque la prevalenza manometrica della pompa come la quantità di energia, espressa in metri di colonna di liquido, che deve essere trasferita al liquido per vincere la differenza di energia calcolata tra due sezioni di riferimento.

$$H = \frac{(P_2 - P_1)}{\rho} + \frac{(u_2^2 - u_1^2)}{2g} + (h_2 - h_1) + \Sigma y \quad (3.19)$$

dove:

P : pressione [bar]

ρ : densità del fluido [kg/m^3]

u : velocità [m/s]

g : accelerazione di gravità [m/s^2]

h : altezza [m]

Σy : perdite di carico [m]

3.5.1.1 Pompe centrifughe

Le pompe centrifughe sono le più utilizzate nei circuiti idraulici e sono costituite da una girante a palette che ruotando determina una forza centrifuga sulle particelle di liquido per proiettarle verso la periferia; in questo modo si crea una depressione al centro, che richiama altro liquido dal tubo di aspirazione. Una volta che il liquido abbandona la girante, entra nel diffusore, ricavato dal corpo della pompa, e avendo sezione crescente perde velocità trasformando l'energia cinetica in energia di pressione.

Quanto detto si evince da Figura 3.5-1.

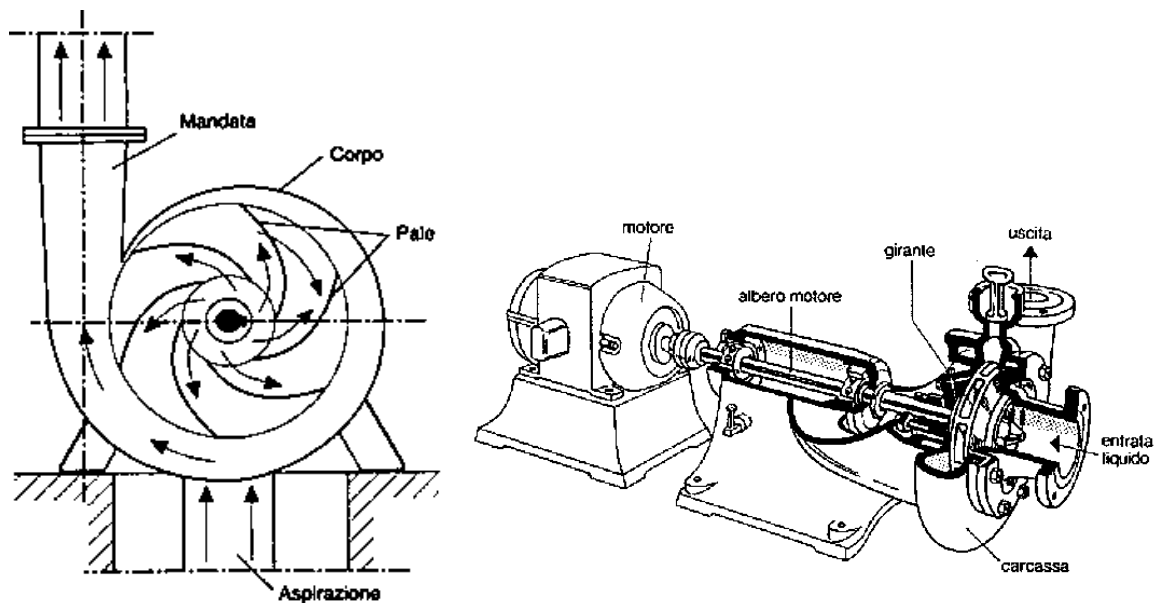


Figura 3.5-1: Rappresentazione schematica di una pompa centrifuga

Le caratteristiche operative di queste pompe (prevalenza- portata- numero di giri) sono legate fra loro da relazioni che possono essere espresse graficamente riportando in un sistema di assi cartesiani i valori della portata (in ascisse) e quelli della prevalenza (in ordinate); si ottiene una curva, detta curva caratteristica una volta fissato il numero di giri, rappresentata in Figura 3.5-2.

Tuttavia, il carico effettivo che una pompa centrifuga riesce a sviluppare è inferiore al valore teorico a causa di:

- formazione di vortici nei vani fra due palette consecutive;
- perdite di carico per attrito alle bocchette di aspirazione e di scarico;
- perdite di carico per deviazioni dal corretto funzionamento della macchina.

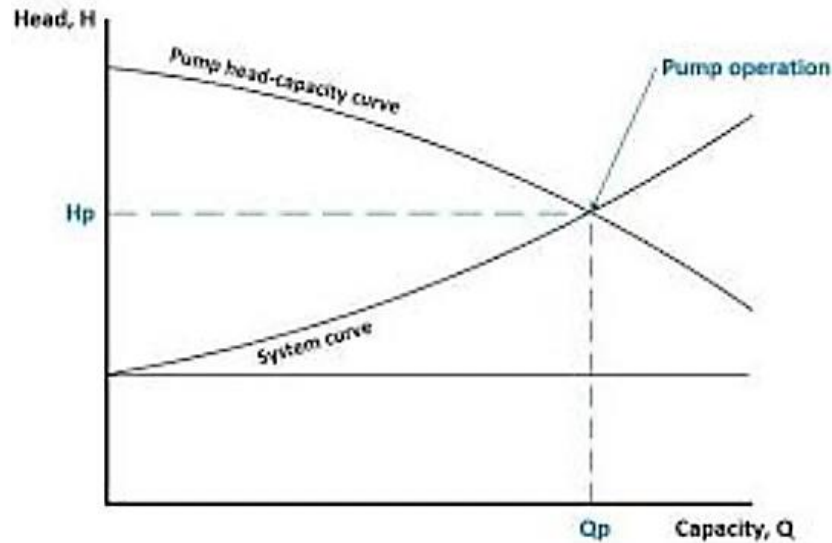


Figura 3.5-2: Curva caratteristica della pompa (in alto) intersecata con la curva caratteristica del sistema (in basso) per l'ottenimento del punto di funzionamento della pompa

Per calcolare il punto di funzionamento della pompa, segnato in Figura 3.5-2, è dunque necessario intersecare la curva caratteristica della pompa con la curva caratteristica dell'impianto, calcolata applicando l'equazione di Bernulli, una volta fissato il numero di giri della pompa.

3.5.1.2 Pompe alternative

Una pompa alternativa, rappresentata in Figura 3.5-3, è costituita da:

- uno stantuffo o un pistone;
- un cilindro cavo fisso che prende il nome di carcassa;
- un serbatoio di aspirazione e uno di mandata nei quali sono inserite due valvole automatiche V_A e V_M rispettivamente;
- un organo motore.

Lo stantuffo, spostandosi all'interno della carcassa crea una depressione che comporta l'apertura della sola valvola V_A e il conseguente ingresso del liquido nella camera. Nella corsa di ritorno lo stantuffo spinge la massa liquida, si chiude la valvola V_A e si apre la valvola V_M nella tubazione di mandata, da cui ne fluisce una quantità di liquido pari all'incirca al volume del cilindro stesso. Come si vede in Figura 3.5-4 (a sinistra), il diagramma teorico di funzionamento (volume - pressione) di una pompa alternativa assume l'aspetto di un rettangolo con i lati paralleli agli assi; tuttavia nella realtà il grafico presenta delle discontinuità. Facendo riferimento alla Figura 3.5-4 (a destra), si nota che al punto 1 non corrisponde il valore 0 a causa della presenza di liquido all'interno della carcassa alla fine di ogni ciclo; questo liquido residuo evapora successivamente a causa della depressione del tratto 1-2, per cui si ha che $V_2 < V_1$. Infine, si notano delle oscillazioni dovute in maniera particolare dall'apertura delle valvole.

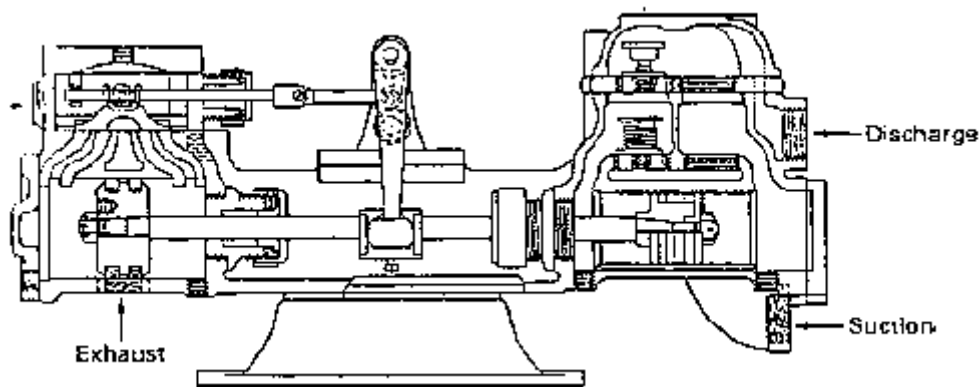


Figura 3.5-3: Rappresentazione schematica di una pompa centrifuga

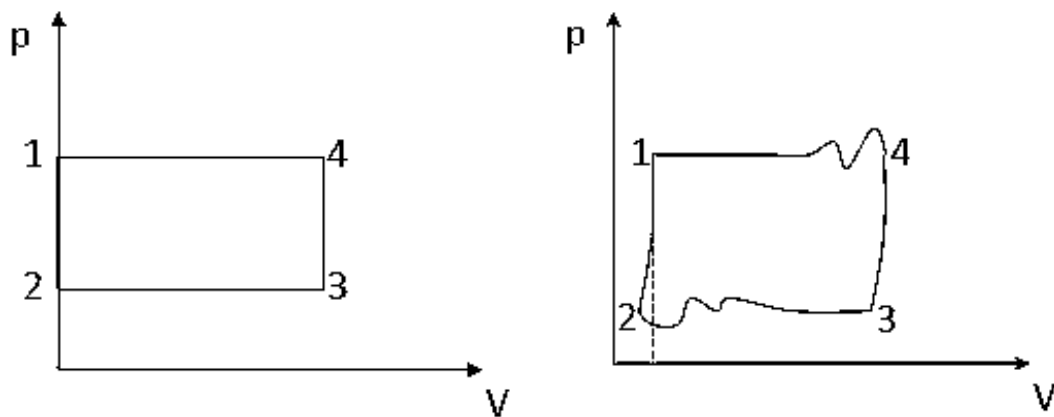


Figura 3.5-4: Diagramma di funzionamento di una pompa alternativa: teorico a sinistra e reale a destra.

Poiché la velocità istantanea dello stantuffo di una pompa volumetrica varia nel tempo in maniera sinusoidale, ne consegue che anche la portata istantanea della pompa varia nel tempo, con intervalli a portata nulla durante la fase di aspirazione. Per ridurre tale irregolarità della portata si usano pompe a doppio stadio cioè con due ingressi e due uscite disposte da parti opposte rispetto allo stantuffo in maniera tale che un ingresso e una uscita siano sempre aperte; inoltre l'impiego di pompe a cilindri sfalsati riduce ulteriormente le pulsazioni della portata istantanea: si parla dunque di pistoni multiassiali. Quanto detto viene rappresentato in Figura 3.5-5.

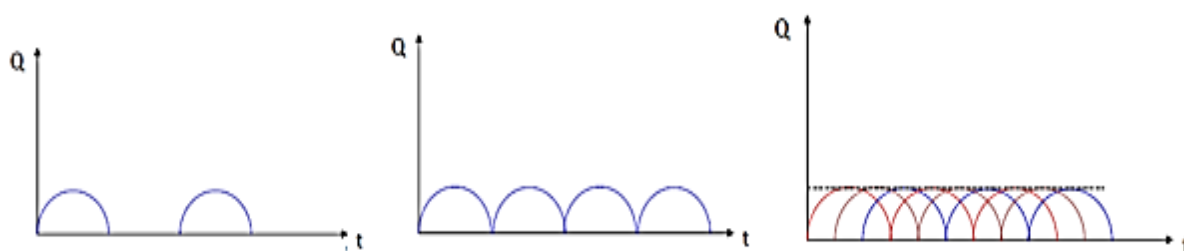


Figura 3.5-5: Diagramma della portata in relazione al tempo: con unico pistone (a sinistra), con pistone a doppio stadio (al centro), a cilindri sfalsati (a destra)

Dimensionando opportunamente tali organi, è possibile ottenere prevalenze altissime, non raggiungibili con altri tipi di pompe; nello specifico la portata è proporzionale all'entità dello spostamento del pistone ma anche al numero di giri al minuto compiuti dal manovellismo che ne permette il movimento. In particolare, il regime di rotazione del manovellismo deve essere tanto più basso quanto maggiori sono le dimensioni della pompa in modo da ridurre le forze d'inerzia proporzionali all'entità delle masse in moto. Le pompe alternative sono dunque adatte per fornire portate piccole o medie, quest'ultime ottenute aumentando il numero dei cilindri o ricorrendo al sistema a doppio effetto, come visto prima. I rendimenti di queste tipologie di pompe sono all'incirca $0,85 \div 0,96$.

3.5.2 Scelta della pompa idraulica

Una volta calcolate le perdite di carico e la prevalenza, come visto nei paragrafi precedenti, la scelta della pompa dipende principalmente dalle curve caratteristiche delle pompe fornite da ciascun costruttore. Ad ogni modo si fa riferimento allo schema logico seguente, prendendo come riferimento la scelta di una pompa centrifuga:

- si identifica sulla curva caratteristica della pompa la portata e il numero di giri corrispondente alla prevalenza calcolata, considerando un rendimento maggiore dell'80%;

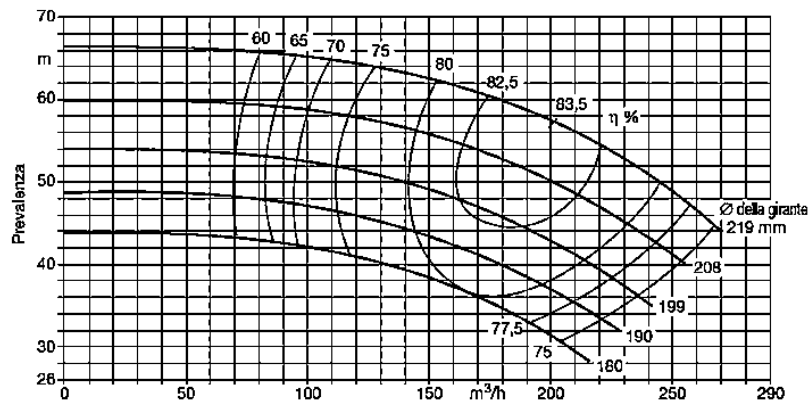


Figura 3.5-6: esempio di curva caratteristica di una pompa con il valore di portata (in ascissa) e di prevalenza (in ordinata) in relazione ai diversi diametri della girante e al valore di rendimento atteso.

- si ricava la potenza assorbita dalla pompa scelta, in funzione del valore di portata;

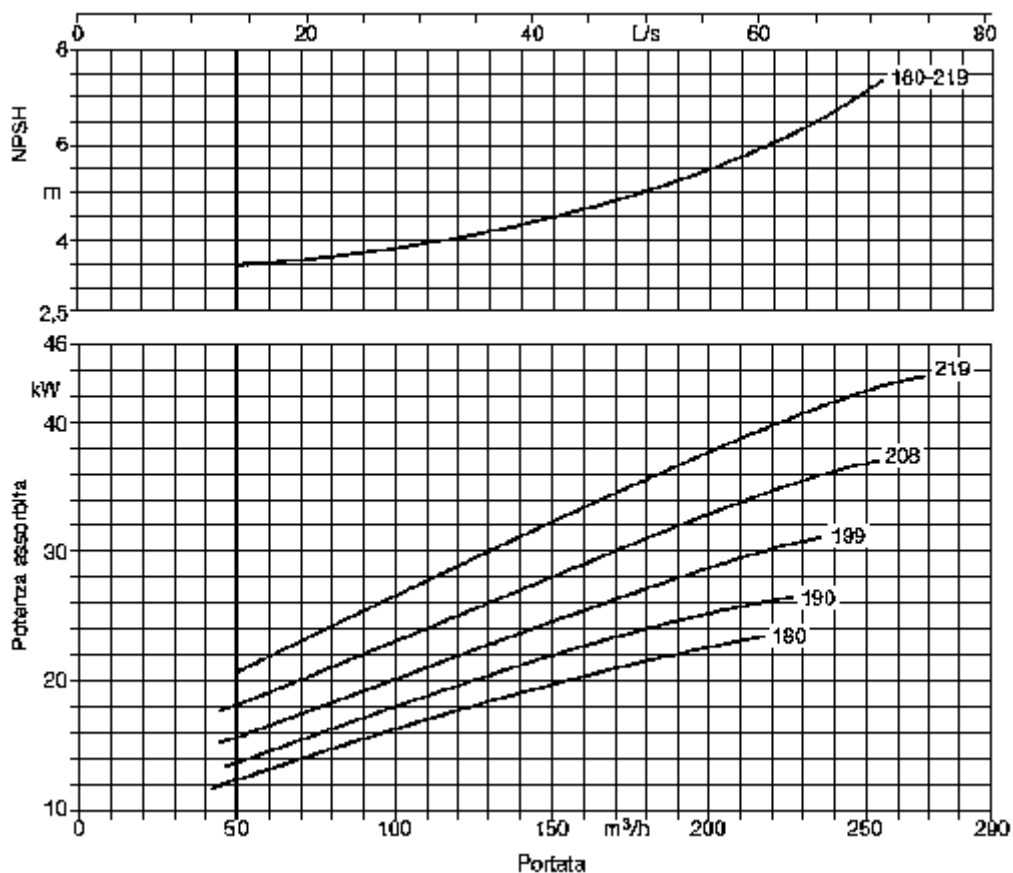


Figura 3.5-7: curve per il calcolo della potenza assorbita e del NPSH della pompa scelta in funzione della portata considerata.

- ottengo l’NPSH_c del costruttore relativo alla pompa considerata e lo confronto con l’NPSH_d caratteristico, calcolato secondo la relazione (3.20). In particolare, deve risultare che $NPSH_d > NPSH_c$, in caso contrario si procede alla scelta di un’altra pompa;

$$NPSH = h_0 \frac{(P_0 - P_v)}{\rho} + \frac{u_i^2}{2g} - \Sigma y \quad (3.20)$$

dove:

P_0 : pressione in ingresso alla pompa [bar]

P_v : tensione di vapore [bar]

ρ : densità del fluido [kg/m^3]

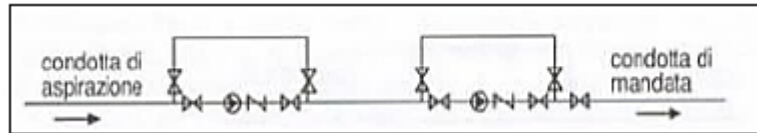
u_i : velocità iniziale del liquido all’ingresso della pompa [m/s]

g : accelerazione di gravità [m/s^2]

h_0 : altezza piezometrica prima dell’ingresso alla pompa [m]

Σy : perdite di carico nel canale di aspirazione della pompa [m]

- valutazione di un eventuale accoppiamento di pompe del tipo:
 - in serie, in Figura 3.5-8: la prevalenza totale delle pompe è data dalla somma delle singole mentre la portata totale è pari alla portata della pompa avente capacità limitata;
 - in parallelo, in Figura 3.5-9: la portata totale è pari alla somma delle portate erogate da ciascuna pompa, mentre la prevalenza è pari a quella di valore inferiore.



Series Configuration

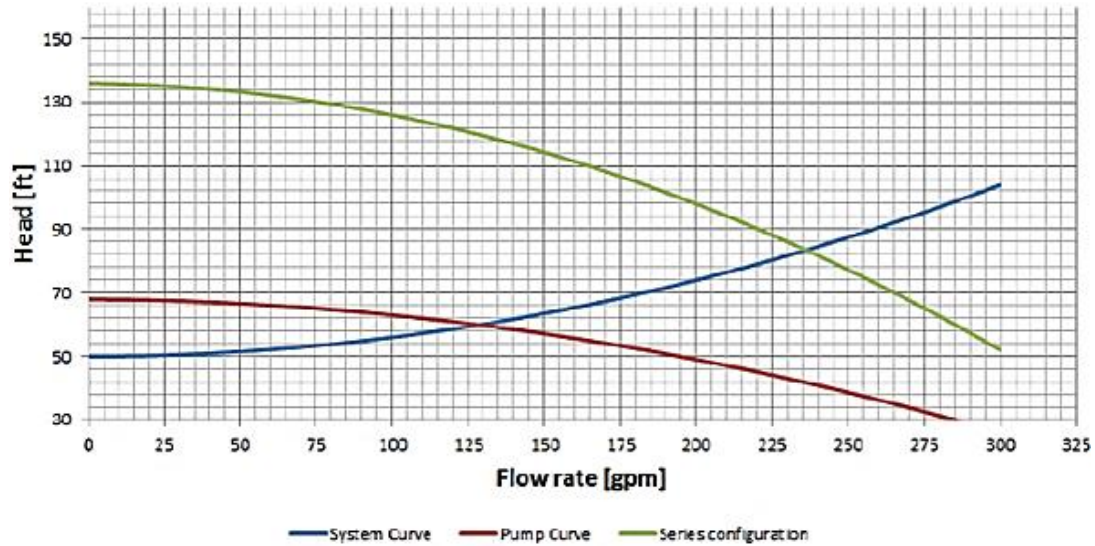
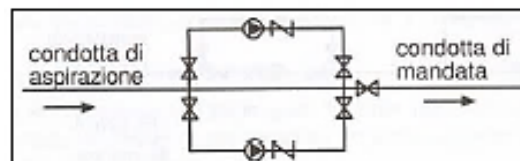


Figura 3.5-8: curva caratteristica delle pompe accoppiate in serie (in verde)



Parallel Configuration

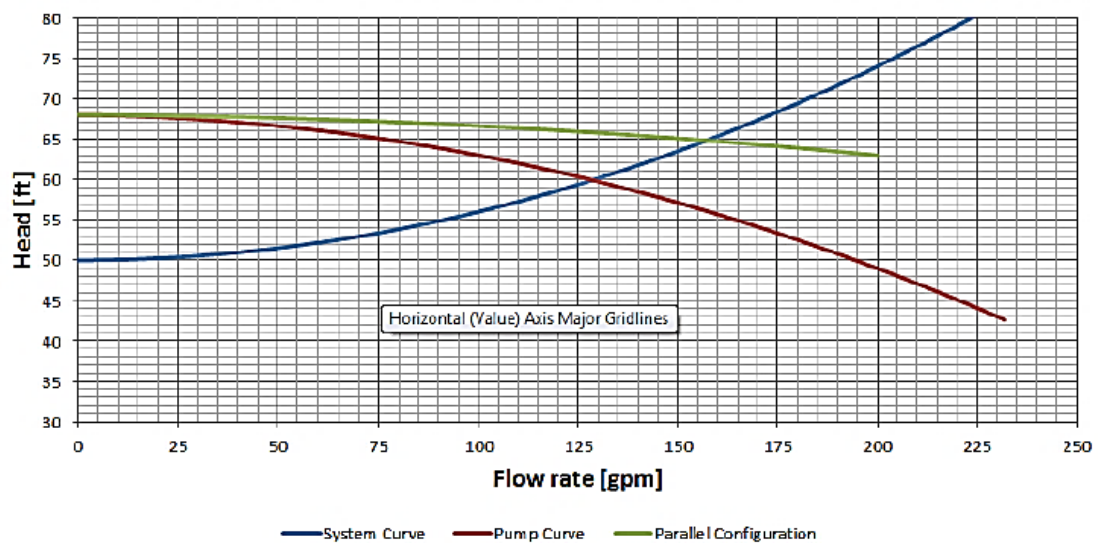


Figura 3.5-9: curva caratteristica delle pompe accoppiate in parallelo (in verde)

Capitolo 4

Dimensionamento dell'impianto Water Mist

Come già visto nei paragrafi precedenti, le normative di riferimento alla progettazione del sistema *Water Mist* non guidano in maniera tecnica al dimensionamento di questi impianti, come si farebbe per un sistema sprinkler o per i sistemi a gas. In questa realtà dunque la progettazione viene per lo più affidata alle aziende che sviluppano ed installano tutte le componenti del sistema *Water Mist* in relazione alla configurazione dell'area e dell'edificio da proteggere, oltre al rischio di incendio valutato. Nel nostro caso ad esempio ci si è affidati alla ditta *Safe Antincendi SRL*, che ha permesso appunto di ottenere tutte le caratteristiche dell'impianto ad hoc per quanto concerne la Sala Rossini; tuttavia sarà possibile successivamente estenderlo al secondo piano adibito ad attività alberghiera.

4.1 Stima dell'HRR (*Heat Release Rate*)

Il Codice da indicazioni per determinare RHRmax in casi d'incendio:

- Controllato dal combustibile (all'aperto o in edifici con elevata superficie di ventilazione):

$$HRR_{max} = HRR_f * A_f$$

dove:

HRR_f = valore della potenza termica massima rilasciata per unità di superficie lorda. [kW/m²]

A_f = superficie lorda del compartimento in caso di distribuzione uniforme del carico d'incendio [m²]

- Limitato dalla superficie di ventilazione (in edifici con superficie di ventilazione ordinaria):

$$HRR_{max} = 0,1 * m * A_v * H_u * \sqrt{h_{eq}}$$

dove:

m = fattore di partecipazione alla combustione dell' i -esimo materiale combustibile pari a 0,80 per il legno e altri materiali di natura cellulosica e 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili;

H_u = potere calorifico inferiore del legno pari a 17500 [kJ/kg]

A_v = area totale delle aperture verticali su tutte le pareti del compartimento [m^2]

Considerata la difficoltà di procedere ad una classificazione della quantità e della tipologia di materiali presenti all'interno della Sala Rossini per il calcolo del carico di incendio, si procede dunque a valutare qual è il valore di HRR di flash-over raggiungibile considerando le aperture di ventilazione e la massima superficie totale.

Si procede dunque al calcolo dell'altezza equivalente come segue.

$$h_{eq} = \frac{\sum A_{v,i} * h_i}{\sum h_i} = \frac{5 * (3,20^2 * 1,44) + (3,54^2 * 1,45)}{19,54} = 4,7 \text{ m}$$

Considerando un valore del fattore di partecipazione alla combustione m pari a 1, in relazione al fatto che non tutti i materiali presenti sono di natura cellulosica, si calcola il valore dell'HRR di flash-over, come visto prima:

$$HRR_{flashover} = (0,1 * 1 * 28,2 * 17'500 * 4,7^{0,5}) = 106'988 \text{ kW}$$

Considerando a questo punto una velocità caratteristica dell'incendio media che sviluppa un HRR_{1000} di 1000 kW in t_α di 300 s, si calcola il valore del tempo t^* che impiega l'incendio a raggiungere il valore $HRR_{flashover}$ calcolato precedentemente.

$$HRR_{flashover} = HRR_{1000} * (t^*/t_\alpha)^2$$

$$t^* = \sqrt{\frac{HRR_{flashover}}{HRR_{1000}}} * t_\alpha = \sqrt{\frac{106'988}{1000}} * 300 = 3100 \text{ s}$$

A questo punto l'energia termica rilasciata per scatenare il flash-over è:

$$E_{flashover} = \frac{1}{3} * \alpha * t^{*3} = \frac{1}{3} * 0,011 * 3100^3 = 109'234 \text{ MJ}$$

da cui è possibile ricavare il quantitativo di legna equivalente se ne consideriamo il suo potere calorifico di 18,48 MJ/kg.

$$Q_{legno} = \frac{E_{flashover}}{H_{legno}} = \frac{109'234}{18,48} = 5'911 \text{ kg}$$

Suddividendo ulteriormente il valore ottenuto per la superficie della Sala Rossini, ne risulta un carico di incendio di 31,5 kg/m² di legna standard equivalente. Ne scaturisce che il valore calcolato risulta maggiore rispetto al valore standard di 385 MJ/m² di riferimento, presente nella tabella S.2-7 del Codice, riportata precedentemente in Figura 1.31.

4.2 Specifiche di erogazione del sistema Water Mist

Nella protezione dei rischi tipici delle aree civili, per il corretto sviluppo di un sistema Water Mist, è fondamentale la comprensione della classe di rischio. Conseguentemente, sulla base dello standard UNI EN 12845, si è assunto che gli scenari d'incendio relativi alle aree da proteggere siano appartenenti al Gruppo 4 di Rischio Ordinario (OH4), come visto precedentemente in Figura 3.2-1.

Anche la durata dell'alimentazione del sistema è definita sulla base della classificazione del rischio delle aree da proteggere ed è stata ricavata per analogia con la corrispondente durata dell'alimentazione di un sistema sprinkler di tipo tradizionale che si dovrebbe utilizzare nell'area in esame. Tale durata minima prevista è secondo la UNI EN 12845 di 60 minuti per Ordinary Hazard Group 4 occupancies (vedi Tabella 3.2-1).

In questo contesto dunque il sistema che sarà realizzato è di tipo ad alta pressione, che utilizza l'hardware *Danfoss Semco "SEM-SAFE®"*, basato sulla tecnologia del pompaggio dell'acqua ad alta pressione e l'erogazione attraverso speciali erogatori ad attivazione automatica mediante elementi termosensibili, ossia testine chiuse tipo "sprinkler". La dimensione delle goccioline prodotte appartiene alla Classe 1 in accordo con la normativa NFPA 750, per cui il diametro nel caso specifico varia da 20 a 100 µm.

Il sistema che si configura con la tipologia "ad umido" è stato testato con prove d'incendio su scala reale eseguite per aree di rischio OH4 secondo i protocolli di prova inclusi come allegati all'interno dello standard UNI CEN/TS 14972. In particolare, la *Vertrauen durch Sicherheit* (VdS, Germany) ha elaborato una procedura per la valutazione dei sistemi Water Mist quando confrontati con i sistemi sprinkler tradizionali. Dunque, per la realizzazione del sistema si

utilizzeranno principalmente le componenti di seguito riportate e successivamente descritte nel dettaglio:

- **Nr. 1 Riserva idrica**, caratterizzata da:
 - Capacità: 22'320 l
 - Bocchello ingresso acqua reintegro
 - Bocchello per aspirazione pompa
 - Valvola di scarico
 - Livellostatici di bassa e minima
 - Valvola a galleggiante
- **Nr. 1 Unità filtrante per pompe:** Stazione filtrante ideata per la protezione delle pompe di pressione del water mist con capacità di filtrare una portata fino a 1000 l/min.
- **Nr. 1 Unità di pompaggio ad alta pressione**
- **Nr. 03 Valvola di controllo ad umido per impianti Water Mist**, completa di:
 - Valvola di azionamento manuale
 - Indicatore di flusso
 - Pressostato e manometro
- **Nr. 20 Ugello High-Pressure**, le cui specifiche sono:
 - Tipologia: chiuso
 - Modello ugello: HNMP-6-12-2.75-57 (AE)
 - Pressione di esercizio: 100 bar
 - Materiale: pistone INOX; corpo CuZn36Pb2As nichelato
 - Fattore K: 2,75
 - Densità di scarica: 1,25 mm/min
- **Nr. 12 Ugello High-Pressure**, le cui specifiche sono:
 - Tipologia: chiuso
 - Modello ugello: HNMP-0-12-3.10-57 (CQ)
 - Pressione di esercizio: 100 bar
 - Materiale: pistone INOX; corpo CuZn36Pb2As nichelato
 - Fattore K: 3,10
 - Densità di scarica: 1,97 mm/min

4.2.1 Erogatori

Sulla base delle prove d'incendio effettuate e delle certificazioni ottenute, sono state desunte le principali caratteristiche degli erogatori proposti, in termini di portata massima di ciascun erogatore, spaziatura massima tra gli erogatori e pressione di esercizio.

Nei locali protetti saranno quindi installate testine automatiche chiuse con elemento sensibile al calore per installazione verticale da soffitto, per evitare un intervento contemporaneo in caso di incendio localizzato. Gli erogatori saranno in acciaio inossidabile con finitura satinata o lucida. La temperatura di intervento sarà in generale di 57 °C, per cui il bulbo termosensibile presenta colorazione tra l'arancione ed il rosso, come visto in Figura 2.6-4. Gli erogatori saranno del tipo *Ultra-fast Response* in quanto costruiti con bulbi extra sottili di circa 1,5 mm che presentano la massima rapidità d'intervento. Tuttavia, considerata l'altezza più elevata della Sala Rossini (da cui ne consegue un livello di rischio OH4), rispetto agli altri locali caratterizzati da un rischio OH1, sono previsti ugelli diversi che permettano una portata maggiore d'acqua e quindi caratterizzati da un fattore k più elevato, per cui:

- Sala Rossini → erogatori di tipo CQ → $K = 3,10$
- Altri locali → erogatori di tipo AE → $K = 2,75$

Ai vari livelli si è assunto che siano presenti circa 500,0 mm tra deflettore dell'erogatore e ostacoli in modo da evitare che, in caso di intervento, il getto vada ad infrangersi contro l'ostacolo impedendone la formazione della nebbia d'acqua, in alternativa si può prevedere un numero adeguato di erogatori da installarsi nei corridoi tra gli scaffali. Con riferimento a quanto descritto, si rimanda ai disegni di layout in allegato A.4 per il posizionamento degli ugelli, la cui configurazione risulta "a pettine", con collettore laterale. Inoltre, per consultazione delle schede tecnica degli ugelli installati nella Sala Rossini e negli altri locali, si veda agli allegati A.6 e A.7 rispettivamente.

Di seguito si indica la portata di ogni singolo erogatore, sulla base dei parametri forniti dal fabbricante:

- erogatori di tipo AE → $Q_{1,spk} = K \cdot \sqrt{p} = 2,75 \cdot \sqrt{100 \text{ bar}} = 27,50 \text{ l/min}$
- erogatori di tipo CQ → $Q_{1,spk} = K \cdot \sqrt{p} = 3,10 \cdot \sqrt{100 \text{ bar}} = 31,00 \text{ l/min}$

Nel caso di erogatori chiusi, l'area operativa da considerare nel calcolo idraulico, sulla base della classificazione del rischio effettuata e delle indicazioni della norma UNI EN 12845:

2015 di riferimento, risulta essere pari alla superficie della Sala Rossini di 188,0 m², in relazione al rischio associato OH4. Sulla base della massima area operativa del singolo sprinkler specifico ed in considerazione anche della presenza di corridoi o aree che non consentono di avere un'area di intervento sempre uniforme, si è stabilito che il numero di testine simultaneamente operative $n_{sprinkler}$ da considerare nel calcolo idraulico è pari a 12; quindi, la portata teorica risultante è calcolata nel modo seguente:

$$Q_{TOT} = n_{sprinkler} * Q_{1,spk} = 12 * 31,10 = 372,00 \text{ l/min}$$

4.2.2 Valvole di sezionamento

L'intero impianto sarà vigilato da 3 valvole di controllo e sezionamento ad umido dotate di pressostato d'allarme ed indicatore di flusso ed installate nel locale pompe. In relazione a quanto visto nel paragrafo precedente, la prima valvola sarà dedicata alla protezione della Sala Rossini, la seconda al resto delle aree individuate circostanti la sala stessa, e la terza è prevista per un futuro ampliamento, ad esempio per il piano secondo adibito ad attività alberghiera.

In caso d'incendio, le testine di erogazione si apriranno singolarmente, in funzione della temperatura raggiunta da ciascuna di esse, ed erogheranno immediatamente acqua secondo quanto previsto dal dimensionamento idraulico. L'unità ad alta pressione, intervenendo automaticamente non appena la pressione in rete si abbassa a causa dell'apertura anche di una sola testina, produrrà un'erogazione continua da tutte le testine via via intervenute, finché il responsabile dell'intervento di controllo dell'incendio non autorizzerà l'arresto del sistema, che dovrà quindi essere fermato manualmente, proprio come accade per i sistemi sprinkler tradizionali. Nel caso in cui si volessero installare in certe aree delle testine aperte, il doppio consenso da parte dell'impianto di rivelazione fumi presente, fungerà anche da segnale di start per le pompe ad alta pressione, ad evitare il falso allarme.

Si veda all'allegato A.8 per la scheda tecnica relativa alle valvole di sezionamento da installare.

4.2.3 Rete di distribuzione

Dall'area della stazione di pompaggio si dipartiranno i vari rami di distribuzione sino agli erogatori installati a servizio delle distinte aree protette. Il sistema è stato progettato per tenere conto delle perdite di carico attraverso la formula di calcolo di Hazen-Williams (relazione 3.15), considerando approssimativamente una lunghezza totale (compresa di lunghezze equivalenti

dovuti a raccordi, etc) pari a 40 m e un diametro interno medio di 1". La perdita di carico massima, quando sono operative le testine presenti nella Sala Rossini risulta dunque all'incirca pari a:

$$\Delta P = \frac{6.05 * Q^{1.85} * 10^5}{C^{1.85} * D^{4.87}} * L = \frac{6.05 * 372^{1.85} * 10^5}{120^{1.85} * 25.4^{4.87}} * 40 = 28,4 \text{ bar}$$

Le testine saranno alimentate da una rete di distribuzione in pressione d'acqua composta da tubazioni in acciaio inox AISI 316L che assicurano una durata pressoché illimitata del sistema garantendo anche la pulizia dell'acqua. La dimensione delle tubazioni varierà da diametro [28,0 - 22,0] mm per il collettore principale e diametro [18,0 - 12,0] mm per le diramazioni alle testine di erogazione. La giunzione delle tubazioni non dovrà prevedere materiale di tenuta di alcun tipo, che possa sporcare i microugelli a valle del sistema di pressurizzazione. I sostegni delle tubazioni saranno in acciaio inox; la distanza fra i supporti sarà quella normalmente utilizzata per le tubazioni secondo NFPA 750, con una media di un supporto ogni [1,2 - 2,5] metri a seconda del diametro della tubazione stessa. Infine, importante è sottolineare che la rete di distribuzione del sistema *Water Mist* verrà installata a ridosso delle tubazioni dell'impianto idrico antincendio già esistente, tale per cui risulteranno a vista e percorreranno il soffitto degli ambienti.

4.2.4 Stazione di pompaggio

Il cuore del sistema è formato da un gruppo di pressurizzazione composto da 8 pompe ad alta pressione per la pressurizzazione del sistema e l'adduzione dell'acqua alla rete di distribuzione in acciaio inox e agli ugelli. Il dimensionamento del gruppo di spinta e del relativo serbatoio di accumulo è stato effettuato sulla base delle richieste idrauliche (portata e pressione) dello scenario d'incendio più gravoso, in considerazione della classificazione di rischio definita e delle contemporaneità di scarica, come visto ai paragrafi precedenti. In relazione allo specifico standard di riferimento e ai calcoli idraulici effettuati, si prevede quindi una configurazione impiantistica costituita da una unità di pressurizzazione di tipo elettrico HPE-40-080-0000-P, in grado di garantire una portata di 448 l/min ad una pressione di 130 bar allo scopo di evincere le perdite di carico ed movimentare l'acqua fino all'ugello caratterizzato da una pressione di 100 bar. A tal proposito dunque l'unità di pompaggio prevede una potenza richiesta di 30 kW; tali valori sono presenti nella relativa scheda tecnica consultabile in allegato A.9. Per quanto concerne i componenti elettrici di controllo del sistema (pressostati, sensori di flusso, ecc...) si è assunto che le aree oggetto della protezione non siano classificate elettricamente come aree a rischio di esplosione.

4.2.5 Riserva idrica

Sulla base del protocollo di prova prescelto, la configurazione del sistema è tale da prevedere l'alimentazione continua del sistema stesso per 60 minuti, per il numero di erogatori che scaricano contemporaneamente tale che deve garantire una portata continua massima di 620 l/min. Per il tempo minimo di erogazione t_{min} , il sistema richiederà un'alimentazione d'acqua pulita garantita necessaria al corretto funzionamento corrispondente ad un serbatoio avente capacità:

$$V = Q_{TOT} * t_{min} = 372,00 * 60 = 22'320 \text{ l}$$

Tra serbatoio di accumulo e skid pompe è previsto un opportuno sistema di filtraggio, in modo da eliminare tutte le impurità e particelle che potrebbero impedire la corretta erogazione dell'acqua dai microugelli degli erogatori Water Mist. Tuttavia, considerando che le aree protette dall'impianto sprinkler e dal sistema Water Mist sono differenti, è possibile utilizzare la riserva idrica già presente a servizio del nuovo impianto, integrandola con un numero di serbatoi di accumulo necessari a soddisfare il volume richiesto. In particolare, come visto al paragrafo 1.2, la riserva idrica già presente risulta essere di 8 m³, annessa all'acquedotto per il reintegro continuo.

4.2.6 Locale tecnico

Come già visto al paragrafo 1.2, lo skid pompe deve essere posizionato in locale tecnico oppure in alternativa all'interno di un modulo di contenimento da esterno con caratteristiche e impiantistica in accordo alla normativa UNI 11292 *"Locali destinati ad ospitare gruppi di pompaggio per impianti antincendio"*.

Il locale di riferimento all'installazione dell'unità di pompaggio, così come per l'impianto sprinkler e l'impianto idrico antincendio, risulta essere quello presente al piano interrato e definito come "ex ghiacciaia", opportunamente equipaggiato di:

- prese d'aria di ventilazione ed estrattore;
- sistema locale di estinzione incendio;
- termoconvettore con termostato al fine di garantire una $T_{min} = 10^{\circ}\text{C}$;
- illuminazione artificiale e di emergenza.

4.3 Manutenzione

La mancanza di controlli regolari e di una manutenzione preventiva, potrebbe compromettere l'affidabilità e la performance del sistema Water Mist; per tale motivo conviene agire in modo proattivo con una manutenzione di tipo programmato che prolunga la durata dell'impianto e garantisce la migliore protezione antincendio possibile.

Tuttavia, come già visto, anche per quanto riguarda la manutenzione degli impianti di spegnimento Water Mist, ad oggi non sono ancora disponibili norme tecniche nazionali o europee specifiche. Per questo motivo, la manutenzione di questi sistemi, la cui responsabilità resta comunque dell'azienda o del titolare della medesima, è resa praticamente obbligatoria dal D.lgs. 81/08 dove si cita l'obbligo di mantenere in efficienza tutti i presidi antincendio, ed è richiamata nell'Art.4 del D.M. 10.03.98 :*“gli interventi di manutenzione ed i controlli sugli impianti e sulle attrezzature di protezione antincendio devono essere effettuate nel rispetto delle disposizioni legislative e regolamentari vigenti, delle norme di buona tecnica emanate dagli organismi di normalizzazione o europei o, in assenza di dette norme di buona regola tecnica, dalle istruzioni fornite dal fabbricante e/o installatore”*.

Nonostante ciò, si presume che la manutenzione del sistema debba essere svolta almeno semestralmente e/o annualmente, eseguita da personale esperto e qualificato secondo quanto indicato dalle istruzioni impartite dal fabbricante, e riportata sul registro dei controlli antincendio. In generale, vengono controllate le condizioni generali dell'impianto nonché il suo livello di performance e verificate le parti essenziali del sistema e la loro funzionalità. L'impianto viene ispezionato per verificare la conformità con le più recenti normative in materia di sicurezza antincendio e nel rapporto di manutenzione finale sono inseriti eventuali suggerimenti per un possibile aggiornamento. Inoltre, ad intervalli di tempo di 5-10 anni è auspicabile effettuare una manutenzione più approfondita dell'intero sistema antincendio ad acqua nebulizzata; in questi casi oltre ai periodici controlli, vengono controllate le guarnizioni, i tubi e altri componenti soggetti ad usura e si procede, se necessario, con la manutenzione richiesta.

4.4 Stima dei costi

La stima dei costi è un processo economico necessario per valutare il costo globale di un progetto in relazione alla durata di vita dell'opera da realizzare, allo scopo di prendere decisioni relative all'opportunità di investire. In questo senso dunque, il costo globale di un bene durevole è rappresentato, oltre che dal prezzo di acquisto, da tutte le spese che occorre sostenere per la sua utilizzazione, nel corso della sua vita utile, considerando le fasi di ideazione, costruzione, gestione dell'opera. Nella sua formulazione più estesa comprende anche il valore residuo, positivo o negativo, che il bene possiede al termine della vita utile. In particolare, la vita utile di un'opera può essere suddivisa in tre fasi principali:

- Fase iniziale: dalla programmazione dell'intervento fino alla sua realizzazione
- Fase di occupazione e gestione dell'opera
- Fase finale: demolizione o vendita del bene

In generale il costo globale di un'opera rappresenta dunque la sommatoria dei costi iniziali, costi esercizio e del valore residuo, come possiamo vedere rappresentato in Figura 4.4-1.

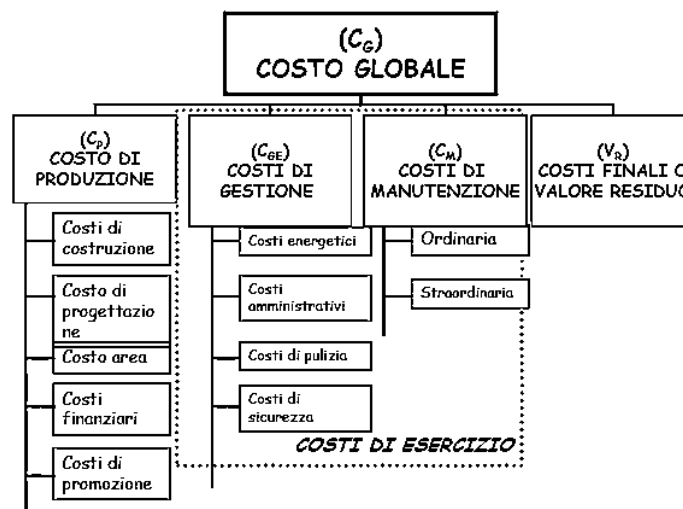


Figura 4.4-1: Schema relativo alle voci di costo

Il processo che sta alla base della stima dei costi d'uso risulta piuttosto difficoltoso a causa di:

- mancanza di raccolte sistematiche di dati storici;
- difficoltà di prevedere l'evoluzione temporale dei costi d'uso;
- diverse variazioni che intervengono nelle varie voci di costo (manodopera, materiali, ecc.)

Per questi motivi, in fase progettuale si fa riferimento principalmente al costo di produzione dell'opera, in quanto ha carattere di immediatezza. Questa voce, nello specifico rende conto di:

- Costo di costruzione e/o installazione;
- Onorari e spese tecniche, comprese le figure professionali;
- Oneri e contributi
- Tributi
- Utile dell'imprenditore promotore
- Interessi sul capitale finanziario

Tra queste voci, quella di carattere predominante è sicuramente quella relativa ai costi di costruzione che si configura come schematizzato in Figura 4.4-2. In generale si fa riferimento alle spese generali con il 15% del costo tecnico totale; mentre l'utile del costruttore risulta pari al 10% della somma tra costo tecnico e spese generali.

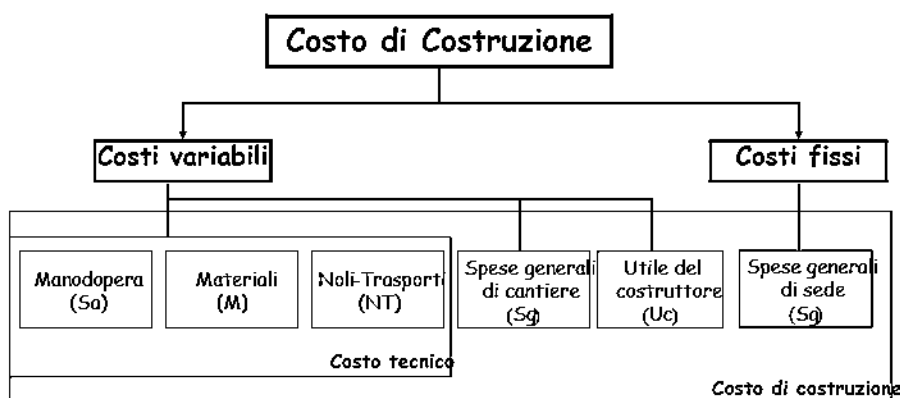


Figura 4.4-2: Il costo di costruzione

Relativamente all'impianto *Water Mist* da installare al Caffè Pedrocchi, si è proceduto quindi con una stima dei costi non di carattere globale, ma facendo riferimento in particolare al costo di produzione. Sono state dunque identificate le diverse voci caratteristiche dell'impianto, le loro quantità e i loro prezzi unitari andando dunque a farne un computo metrico estimativo di tipo *a misura*. In Figura 4.4-3 è dunque riportata la tabella di calcolo che riporta un valore complessivo dell'opera di € 140.000,00¹¹.

¹¹ I prezzi si riferiscono all'azienda Danfoss SEMCO Fire Protection, in relazione ai data sheet forniti (si veda la sezione Allegati). Tuttavia, per una stima dei prezzi è possibile comunque fare riferimento al prezziario della Regione Veneto (2014), Allegato B.67.

SISTEMA AD ACQUA NEBULIZZATA AD ALTA PRESSIONE PER IL CAFFÈ PEDROCCHI					
Voce	Descrizione			Prezzo	
1	GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE	U.M	Quantità	Prezzo Unitario	Prezzo totale
	Fornitura di gruppo di pressurizzazione HPE-40-080-000-P-LAND (448 L/min) e sistema di filtraggio	cad	1	€ 94.314,00	€ 94.314,00
	Standard Filter Unit HF-2-B	cad	1	€ 1.993,40	€ 1.993,40
	TOTALE Gruppo di pressurizzazione				€ 96.307,40
2	VALVOLE DI SEZIONAMENTO AD UMIDO	U.M	Quantità	Prezzo Unitario	Prezzo totale
	Fornitura di valvole di sezionamento SEM-SAFE ad umido	cad	3	€ 3.364,20	€ 10.092,60
	TOTALE Valvole di sezionamento				€ 10.092,60
3	RETE IDRAULICA DI TRASPORTO- COLLETTORE PRINCIPALE + DIRAMAZIONI	U.M	Quantità	Prezzo Unitario	Prezzo totale
	Tubazioni inox AISI 316L + Raccordi e ancoraggi	m	40	€ 224	€ 8.960,00
	TOTALE Rete idraulica di trasporto				€ 8.960,00
4	TESTINE DI EROGAZIONE	U.M	Quantità	Prezzo Unitario	Prezzo totale
	Fornitura di testine di erogazione Water Mist	cad	32	€ 140	€ 4.480,00
	TOTALE Testine di erogazione				€ 4.480,00
5	POSA IN OPERA	U.M	Quantità	Prezzo Unitario	Prezzo totale
	Posa in opera unità di pompaggio	cad	1	€ 4.200	€ 4.200,00
	Posa in opera di testine di erogazione	cad	32	€ 210	€ 6.720,00
	Allacciamenti	cad	1	€ 840	€ 840,00
	TOTALE Posa in opera				€ 11.760,00
6	TRASPORTI	U.M	Quantità	Prezzo Unitario	Prezzo totale
	Trasporto unità di pompaggio e altri materiali	cad	1	€ 2.800	€ 2.800,00
	TOTALE Trasporti				€ 2.800,00
7	COLLAUDO E START UP IMPIANTO	U.M	Quantità	Prezzo Unitario	Prezzo totale
	Gestione cantiere, progettazione e collaudo in pressione	ore	1	€ 4.200	€ 4.200,00
	Commissioning	cad	1	€ 1.400	€ 1.400,00
	TOTALE Collaudo e start up impianto				€ 5.600,00
	TOTALE				€ 140.000,00

Figura 4.4-3: *Computo metrico estimativo relativo all'installazione di un impianto Water Mist ad alta pressione per il Caffè Pedrocchi.*

Per quanto concerne il costo relativo alla rete di distribuzione, l'impianto Water Mist può costare anche 3 volte tanto rispetto a un impianto sprinkler tradizionale, senza contare che l'unità di pompaggio nel caso degli impianti ad alta pressione, può anch'essa costare quasi il doppio. La scelta di questo tipo di impianto ad acqua nebulizzata non è guidata da motivi economici, bensì da ragioni di opportunità che sono, in prima istanza, i problemi relativi alla grossa scarica d'acqua dell'impianto sprinkler e problemi relativi all'edificio di carattere storico e quindi alla possibilità di rendere il meno invadenti possibili le tubazioni dell'impianto di spegnimento, cosa che risulta più facile nel caso del Water Mist rispetto al tradizionale sprinkler.

Conclusioni

Attraverso l'analisi del sistema *Water Mist* e delle sue peculiarità si è notato che grazie all'utilizzo dell'acqua nella forma di micro-goccioline, a formarne quasi una nebbia, è possibile un miglioramento nella completa estinzione dell'incendio, non limitandosi al solo controllo dello stesso e al mantenimento di una potenza termica rilasciata che non sviluppi il flash-over. In questo senso, nel corso degli anni, lo studio e lo sviluppo di questa nuova tecnologia ha permesso all'uomo di rendere più sicuri ambienti dove il rischio di incendio risulta rilevante, ma anche luoghi dove altri sistemi di spegnimento dell'incendio risulterebbero troppo invasivi per la natura della propria configurazione, come ad esempio gli edifici di privilegio artistico – culturale, quale il Caffè Pedrocchi, oggetto di questa analisi. Proprio in questo contesto, come già visto, nonostante le normative vigenti non prescrivano l'installazione di un impianto di controllo dell'incendio, ci si è spinti a dimensionare l'impianto *Water Mist* nell'ottica di garantire maggiore sicurezza agli occupanti, aumentando il tempo disponibile per l'esodo (ASET- Available Safe Escape Time), ma anche alla struttura dell'edificio che con un intervento rapido di estinzione del fuoco e con un agente estinguente di tipo *clean* e di scarica ridotta, risulta meno compromesso dal fenomeno dell'incendio. Per questi motivi dunque la scelta dell'acqua nebulizzata risulta altresì una buona scelta economica in quanto, come visto, non induce l'utilizzo di particolari materiali e/o apparecchiature ad alto costo ma anzi permette la riduzione delle dimensioni della rete di tubazioni, nonché un quantitativo d'acqua nettamente inferiore rispetto al tradizionale sistema sprinkler, permettendo anche se in scala ridotta una sorta di eco-sostenibilità e riduzione dell'impatto ambientale.

Bibliografia

Consorti L., Mobilia N., (2017) Manuale degli impianti antincendio - Guida alla progettazione, DEI

Dattilo F., Pulito C. (2016), Codice di prevenzione incendi commentato DM 03/08/2015, EPC

Dattilo F., Pulito C. (2017), Esempi applicativi del Codice di prevenzione incendi, EPC

Dragan A. Savic, John K. Banyard (2011), Water Distribution Systems, ICE Publishing

G. Manzini, (2007) “Valutazione dell’efficacia dei sistemi water mist nel controllo, nella soppressione e nell’estinzione degli incendi”, Tesi di Dottorato in Energetica, Politecnico di Milano

Green, D.W., Perry, R.H. (2008), Perry’s Chemical Engineers’ Handbook 8^{ed.}, McGraw-Hill

J. R. Mawhinney, Gerard G. Back, (2002) “Water Mist Fire Suppression Systems”, Handbook of Fire Protection Engineering, 3^{ed.}, SFPE

La Malfa A., La Malfa R., La Malfa S., (2017), Ingegneria della sicurezza antincendio, 9^{ed.}, Legislazione Tecnica

Liu, L. and Kim, A.K. (2000), A review of Water Mist Fire Suppression Systems – Fundamental Studies, Journal of Fire Protection Engineering, Pages 32-50

Manzini G., Le barriere water mist per la protezione attiva contro gli incendi, La Termotecnica, Dic. 2005;

Nigro L. (2015) Impianti antincendio, 5^{ed.}, EPC

P. Andreini, G. Manzini, P. Parolini (2005), “La tecnologia water mist per il controllo e l’estinzione degli incendi”, La Termotecnica

Z. Liu, A. K. Kim, J. Z. Su, (2001), “Examination of performance of water mist fire suppression systems under ventilation conditions”, Journal of Fire protection engineering, Vol. 11

Sitografia

www.bsol.bsigroup.com/

www.store.uni.com/catalogo/index.php/home/

<https://www.nfpa.org/>

<https://www.fmaprovals.com/>

<https://www.rina.org/en/business/certification>

www.ecolabelindex.com/ecolabel/imo-certified

www.vds-global.com/en/certifications

www.vigilfuoco.it

www.sciencedirect.com

www.marioff.com

www.safeantincendi.com

www.regione.veneto.it/prezzario2014/

Allegati

Allegato A1- Pianta piano interrato con misure antincendio esistenti e da integrare

Allegato A.2- Pianta piano terra con misure antincendio esistenti e da integrare

Allegato A.3- Pianta piano primo con misure antincendio esistenti

Allegato A.4- Pianta piano primo con progetto dell'impianto *Water Mist*

Allegato A.5- Pianta piano secondo con misure antincendio esistenti

Allegato A.6- Scheda tecnica erogatori per Sala Rossini

Allegato A.7- Scheda tecnica erogatori per altri locali

Allegato A.8- Scheda tecnica valvole di sezionamento

Allegato A.9- Scheda tecnica stazione di pompaggio

COMUNE DI PADOVA
SETTORE EDILIZIA MONUMENTALE
Palazzo Moroni – PADOVA



IL TECNICO

Stabilimento PEDROCCHI
Via VIII Febbraio, 15 – Padova

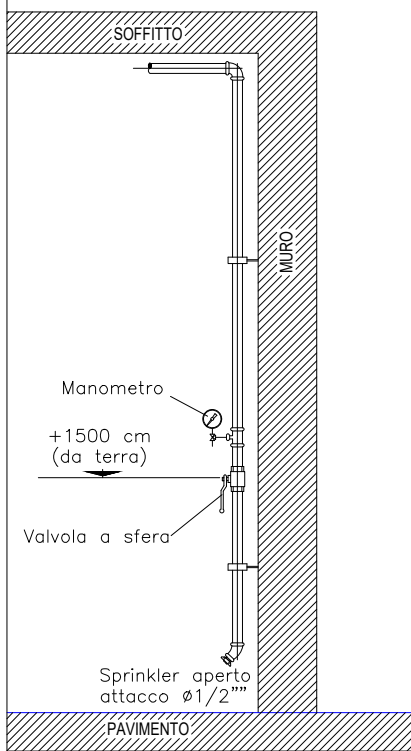
Ing. Francesco MACHI
Via Querini n.77 – 35100, PADOVA
Tel. 049/7800355 – Fax 049/7800384

PROGETTO DI POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO,
INSTALLAZIONE DI SISTEMA AUTOMATICO A SPRINKLER

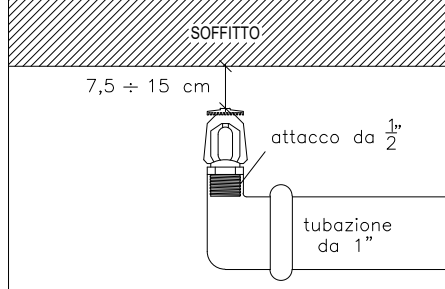
TAV.	Unica	PIANTA PIANO INTERRATO	
Data:		Aggiornamento del:	Riferimento: a.s.
Scala:	1:100	Variente del: Maggio 2008	Archivio: pedrocchiIDRsprk08
Progettista	Ing. Francesco MACHI	Disegnatore	Plannings
PRESENTI DISEGNO NON PUO' VENIRE RIPRODOTTO O RESO NOTO A TERZI - OGNI TRASGRESSIONE VERRA' PERSEGUITA A TERMINE DI LEGGE			

LEGENDA	
	ATTACCO AUTOPOMPA VVF
	IDRANTE (UNI 45)
	NASPO (UNI 25)
	MONTANTE/CALATA
	IMPIANTO SPRINKLERS
	IMPIANTO SPRINKLERS
	IMPIANTO SPRINKLERS da integrare
	RIVELATORE DI FUMO

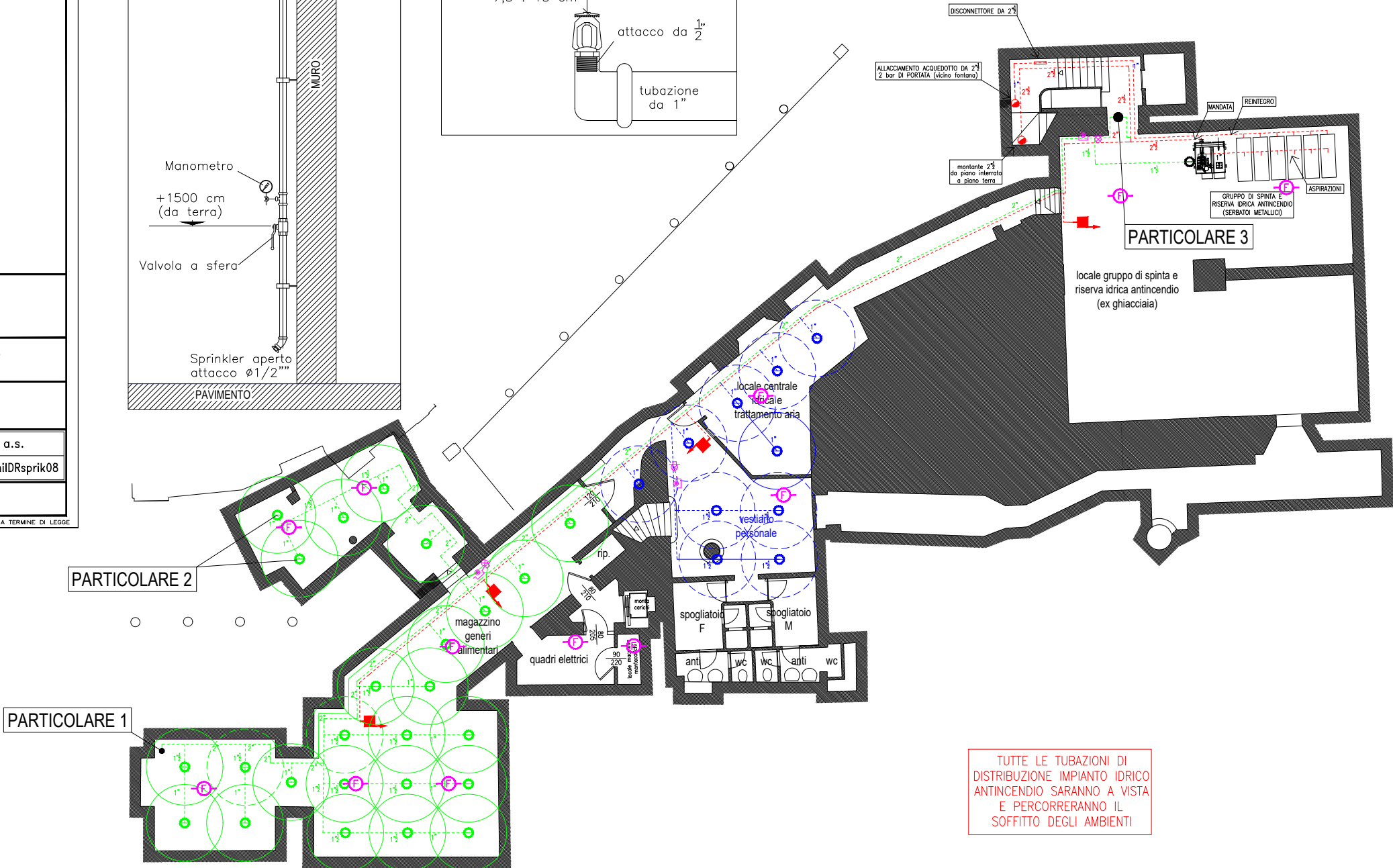
PARTICOLARE 1: INSPECTOR TEST
(schema, non in scala)



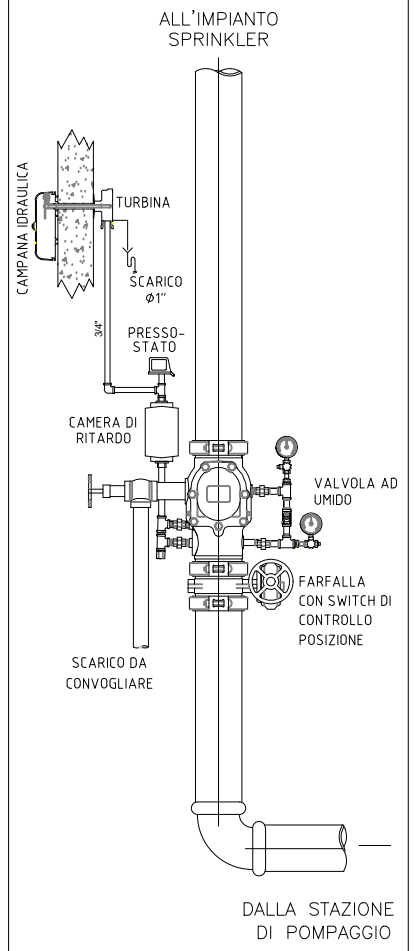
PARTICOLARE 2: SPRINKLER A BULBO
(schema, non in scala)



PIANTA PIANO INTERRATO
Scala 1:100



PARTICOLARE 3: STAZIONE DI
CONTROLLO E ALLARME
(schema, non in scala)



TUTTE LE TUBAZIONI DI
DISTRIBUZIONE IMPIANTO IDRICO
ANTINCENDIO SARANNO A VISTA
E PERCORRERANNO IL
SOFFITTO DEGLI AMBIENTI



IL TECNICO LA DITTA INSTALLATRICE



Stabilimento PEDROCCHI
Via VIII Febbraio, 15 – Padova

Ing. Francesco MACHI
Via Querini n.77 – 35100, PADOVA
Tel. 049/7800355 – Fax 049/7800384

PROGETTO DI POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO, PERMANENTEMENTE
IN PRESSIONE, DESTINATO ALL'ALIMENTAZIONE DI IDRANTI E NASPI

DOCUMENTAZIONE FINALE "AS BUILT"

TAV.	2	PIANTA PIANO TERRA
Data: 1 Dicembre 2007	Aggiornamento del:	Riferimento: a.s.
Scala: 1:100	Variante del:	Archivio: pedrocchiDRant07
Progettista Ing. Francesco MACHI	Disegnatore Plannings	

IL PRESENTE DISEGNO NON PUO' VENIRE RIPRODOTTO O RESO NOTO A TERZI - OGNI TRASGRESSIONE VERRA' PERSEGUITA A TERMINE DI LEGGE

REALIZZATO CON UN PRODOTTO AUTODESK VERSIONE PER STUDENTI

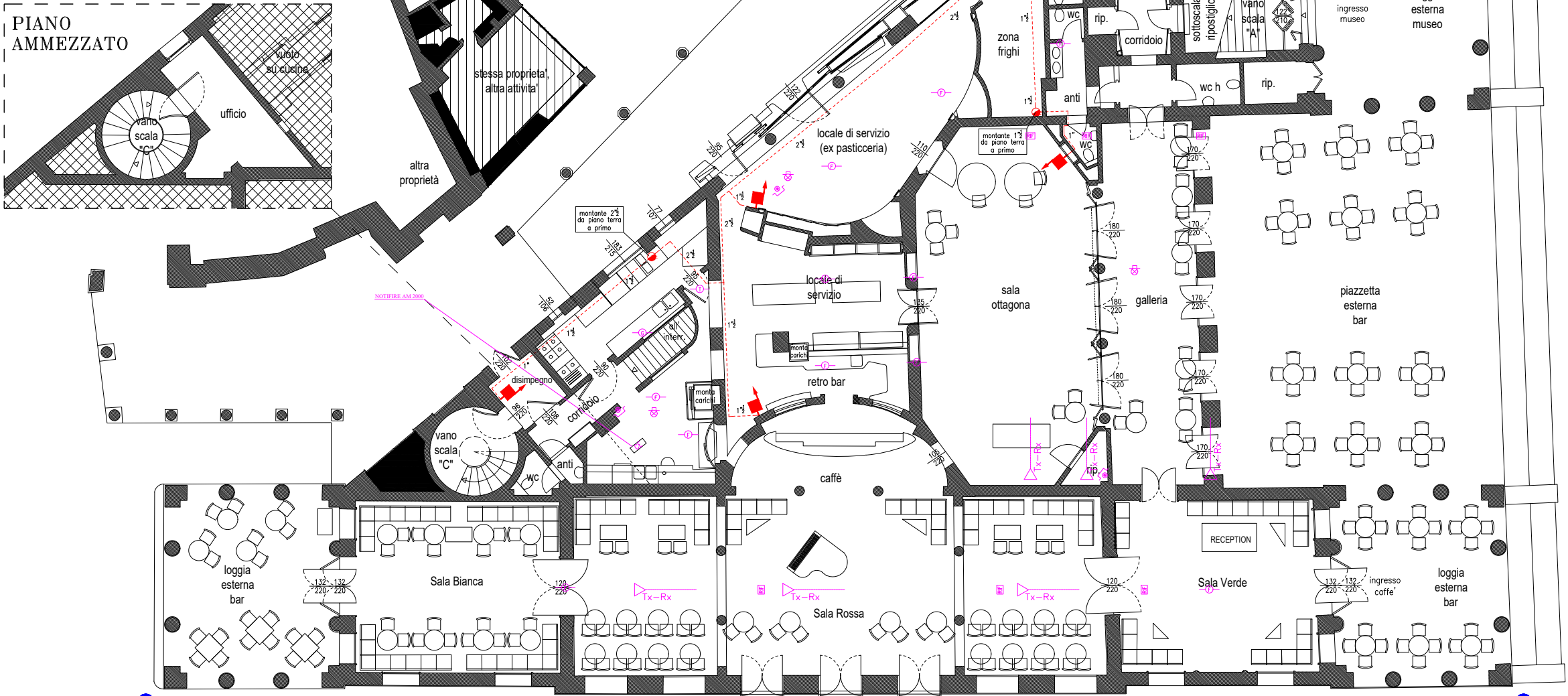
TUTTE LE TUBAZIONI DI
DISTRIBUZIONE IMPIANTO IDRICO
ANTINCENDIO SARANNO A VISTA
E PERCORRERANNO IL
SOFFITTO DEGLI AMBIENTI

PIANTA PIANO TERRA
Scala 1:100

PIANO
AMMEZZATO

PIANO
AMMEZZATO

LEGENDA	
	ATTACCO AUTOPOMPA VVF
	ATTACCO SOPRASUOLO (UNI 70) - da installare
	IDRANTE (UNI 45)
	NASPO (UNI 25)
	MONTANTE/CALATA
	IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO
	CENTRALE RIVELAZIONE INCENDI
	RIPETITORI DI SEGNALAZIONI
	RIVELATORE TERMOVELOCIMETRICO
	RIVELATORE GAS
	RIVELATORE FUMI
	RIVELATORE FUMO SU CONTROSOFFITTO
	RIVELATORE LINEARE A BARRIERA
	RIFLETTENTE BARRIERA DI FUMO LINEARE
	SEGNALAZIONE OTTICO-ACUSTICA AUTOALIMENTATA
	PULSANTE DI SEGNALAZIONE MANUALE



REALIZZATO CON UN PRODOTTO AUTODESK VERSIONE PER STUDENTI

REALIZZATO CON UN PRODOTTO AUTODESK VERSIONE PER STUDENTI



IL TECNICO

LA DITTA INSTALLATRICE



Stabilimento PEDROCCHI

Via VIII Febbraio, 15 – Padova

Ing. Francesco MACHI

Via Querini n.77 - 35100, PADOVA

Tel. 049/7800355 – Fax 049/7800384

PROGETTO DI POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO, PERMANENTEMENTE
IN PRESSIONE, DESTINATO ALL'ALIMENTAZIONE DI IDRANTI E NASPI

DOCUMENTAZIONE FINALE "AS BUILT"

TAY.

3

PIANTA PIANO PRIMO

Data: 1 Dicembre 2007

Aggiornamento del:

Aggiornamento del:

Riferimento:	q.s.
--------------	------

Scale:

1:100

Variante del:

Archivio: **pedrocchiDE**

Progettista






Ing. Francesco MACHI

Disegnatore

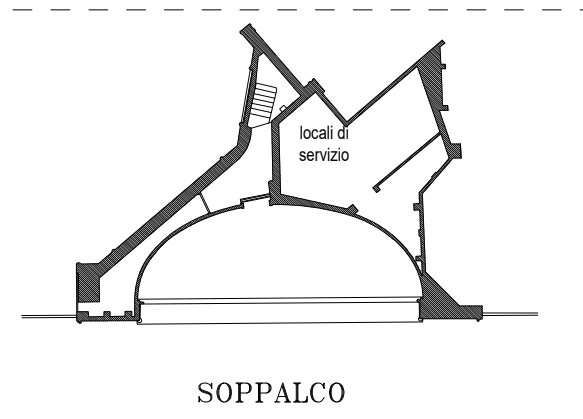
Plannings

IL PRESENTE DISEGNO NON PUO' VENIRE RIPRODOTTO O RESO NOTO A TERZI - OGNI TRASGRESSIONE VERRA' PERSEGUITA A TERMINE DI LEGGE

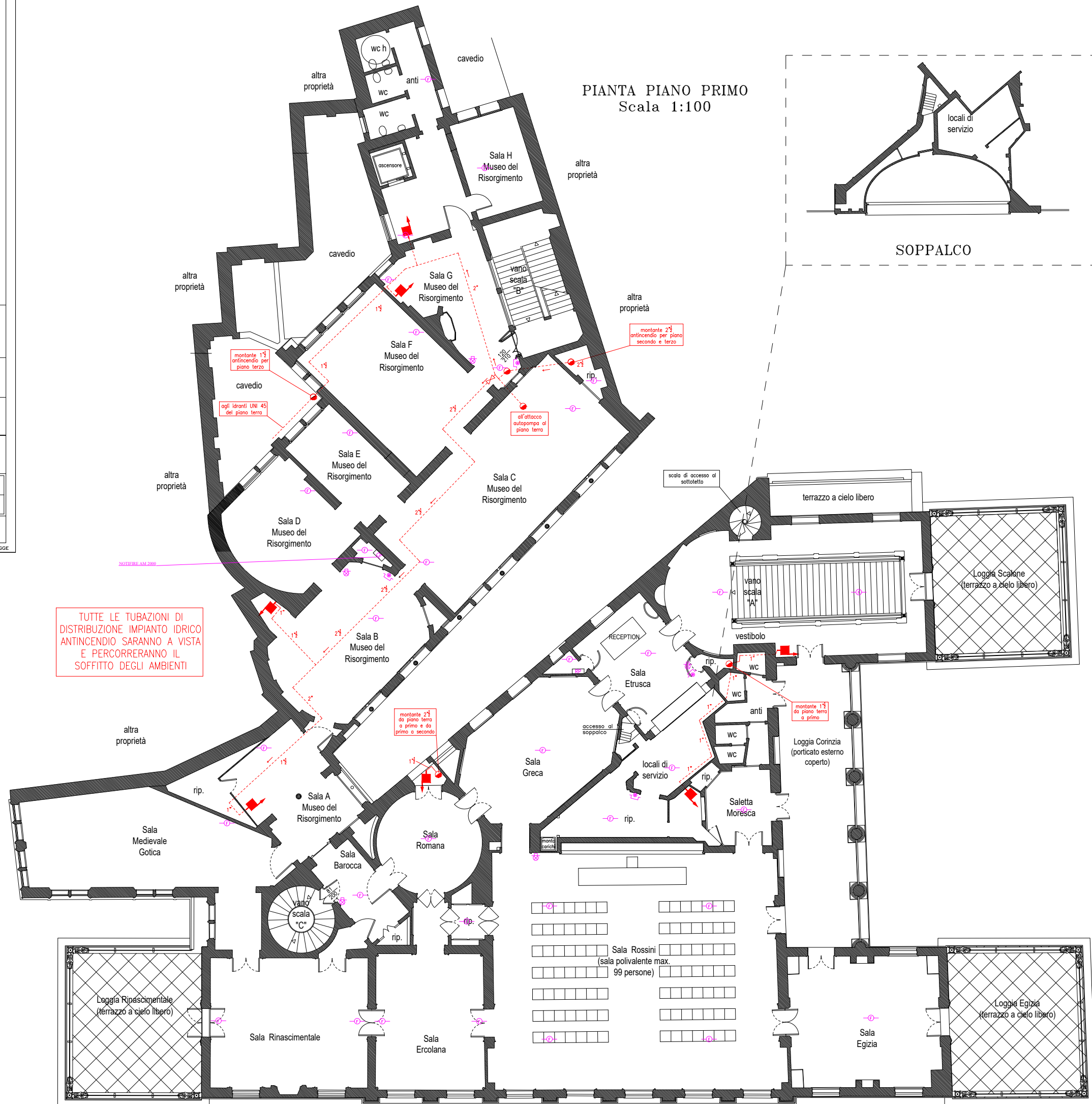
LEGENDA

- | | |
|---|---|
|  | ATTACCO AUTOPOMPA VF |
|  | IDRANTE (UNI 45) |
|  | NASPO (UNI 25) |
|  | MONTANTE/CALATA |
|  | IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO |
|  | CENTRALE RIVELAZIONE INCENDI |
|  | RIPETITORI DI SEGNALAZIONI |
|  | RIVELATORE TERMOVELOCIMETRICO |
|  | RIVELATORE GAS |
|  | RIVELATORE FUMI |
|  | RIVELATORE FUMO SU CONTROSOFFITTO |
|  | RIVELATORE LINEARE A BARRIERA |
|  | RIFLETTEnte BARRIERA DI FUMO LINEARE |
|  | SEGNALIZAZIONE OTTICO-ACUSTICA AUTOALIMENTATA |
|  | PULSANTE DI SEGNALAZIONE MANUALE |

PIANTA PIANO PRIMO
Scala 1:100

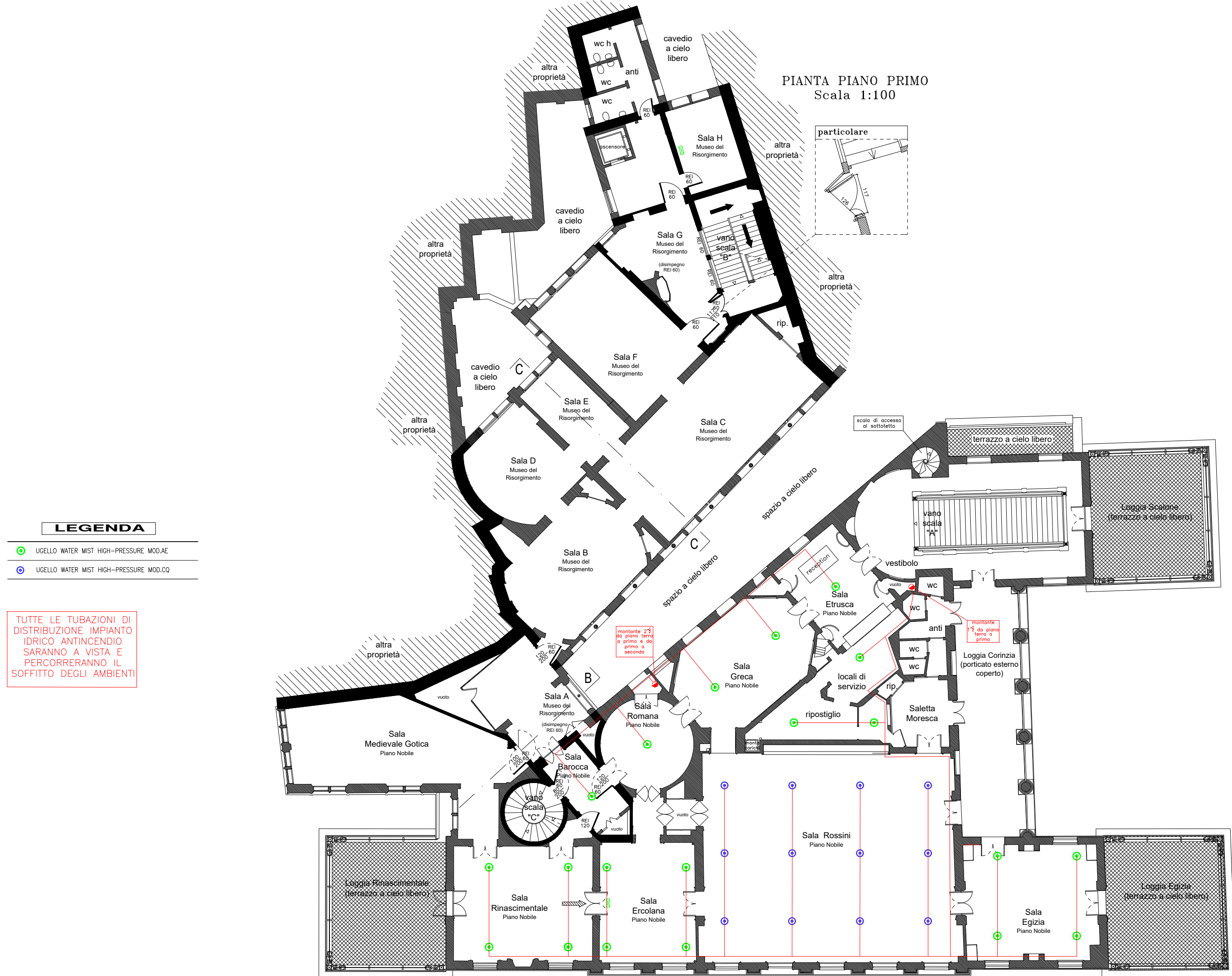


SOPPALCO



particolare

A technical drawing showing a detail of the roof structure. It includes a section of a beam and a truss member. The angle between the beam and the truss member is labeled 117. The angle between the truss member and the horizontal is labeled 126. The drawing is enclosed in a dashed rectangular box.



REALIZZATO CON UN PRODOTTO AUTODESK VERSIONE PER STUDENTI



IL TECNICO LA DITTA INSTALLATRICE



Stabilimento PEDROCCHI
Via VIII Febbraio, 15 – Padova

Ing. Francesco MACHI
Via Querini n.77 – 35100, PADOVA
Tel. 049/7800355 – Fax 049/7800384

PROGETTO DI POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO, PERMANENTEMENTE
IN PRESSIONE, DESTINATO ALL'ALIMENTAZIONE DI IDRANTI E NASPI

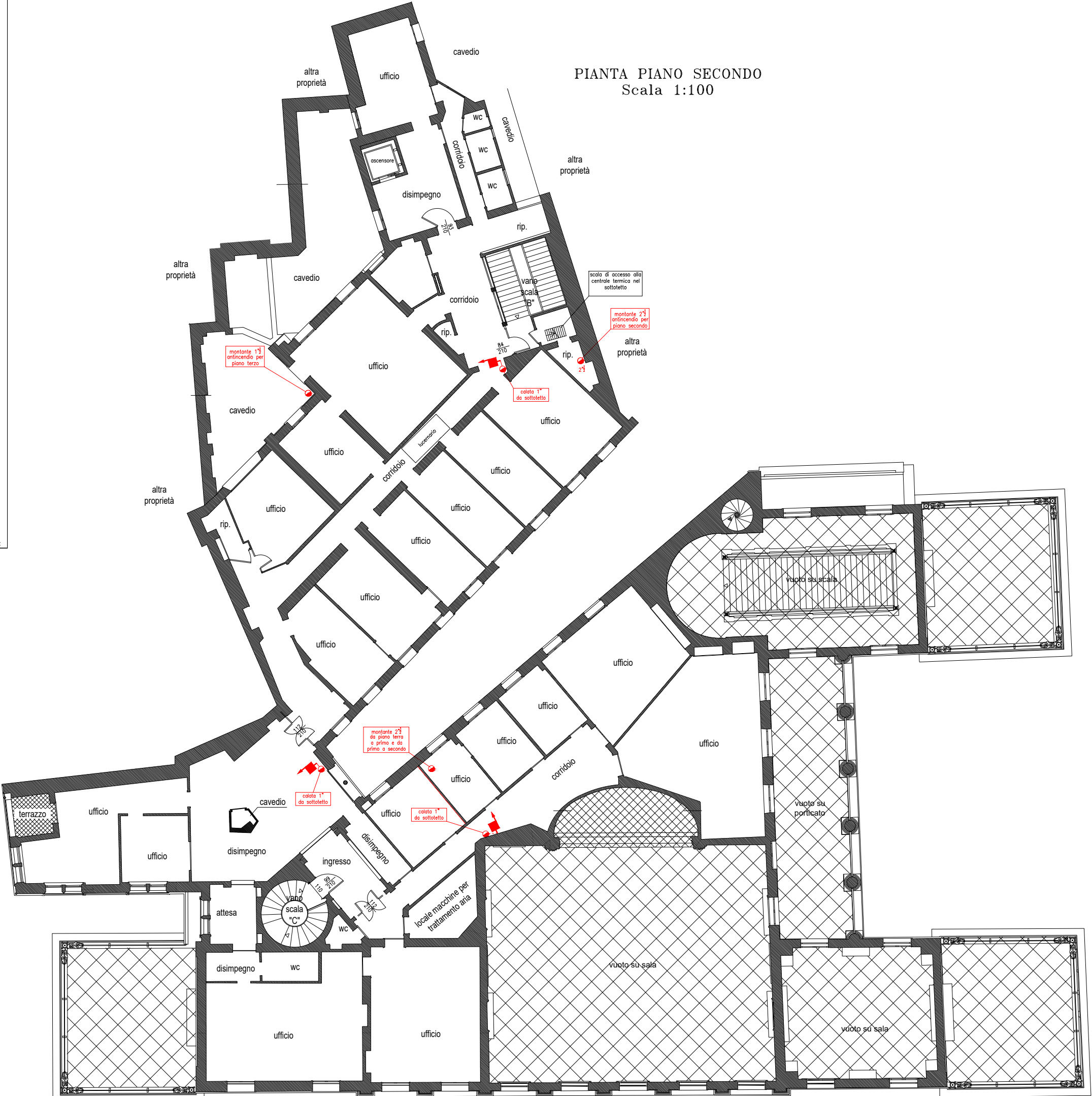
DOCUMENTAZIONE FINALE "AS BUILT"

TAV.	4	PIANTA PIANO SECONDO		
Data:	1 Dicembre 2007	Aggiornamento del:	Riferimento: a.s.	
Scala:	1:100	Variente del:	Archivio: pedrocchiIDrant07	
Progettista	Ing. Francesco MACHI		Disegnatore	Plannings

IL PRESENTE DISEGNO NON PUO' VENIRE RIPRODOTTO O RESO NOTO A TERZI - OGNI TRASGRESSIONE VERRA' PERSEGUITA A TERMINE DI LEGGE

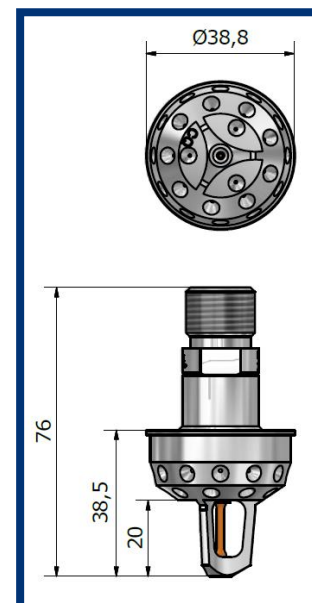
LEGENDA	
	ATTACCO AUTOPOMPA VVF
	IDRANTE (UNI 45)
	NASPO (UNI 25)
	MONTANTE/CALATA
	IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO

TUTTE LE TUBAZIONI DI
DISTRIBUZIONE IMPIANTO IDRICO
ANTINCENDIO SARANNO A VISTA
E PERCORRERANNO IL
SOFFITTO DEGLI AMBIENTI



PIANTA PIANO SECONDO
Scala 1:100

Data Sheet No.: 001-01-00177	SEM-SAFE® Nozzle HNDP-0-12-3.10-57 (CQ)	Rev. 0 Date 12-03-2018
--	--	---------------------------

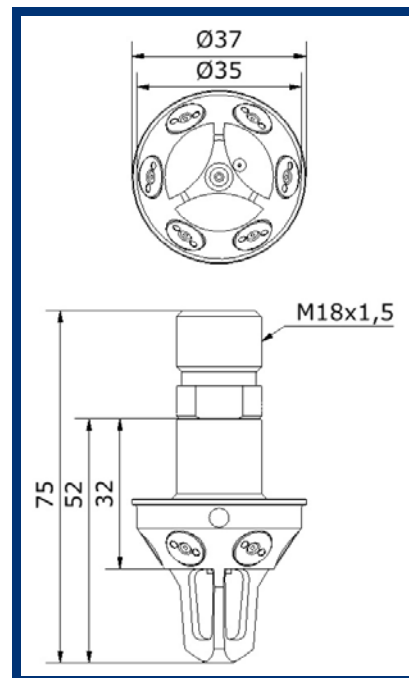


Nozzle Information		
Application		OH4
Orientation		Pendent
Nozzle I.D.		CQ
Order no.		116825
Working pressure		100 bar
K-factor		3.10
Flow at working pressure		31.0 l/min
Release temperature		57°C
Max ceiling height		12.0 m
Nozzle spacing		4.0 m
Maximum distance to bulk head		2.0 m
Tested in accordance with		CEN TS 14972:2011, CEA 4001
Approved by		-
Pipe connection		Ø12mm DIN 3861 M-L 12
Material	Nozzle head	CuZn36Pb2As coated with NiSn
	Nozzle top	AISI 316L

Data Sheet No.:
001-01-00036

SEM-SAFE®
Type HNMP-6-12-2.75-57

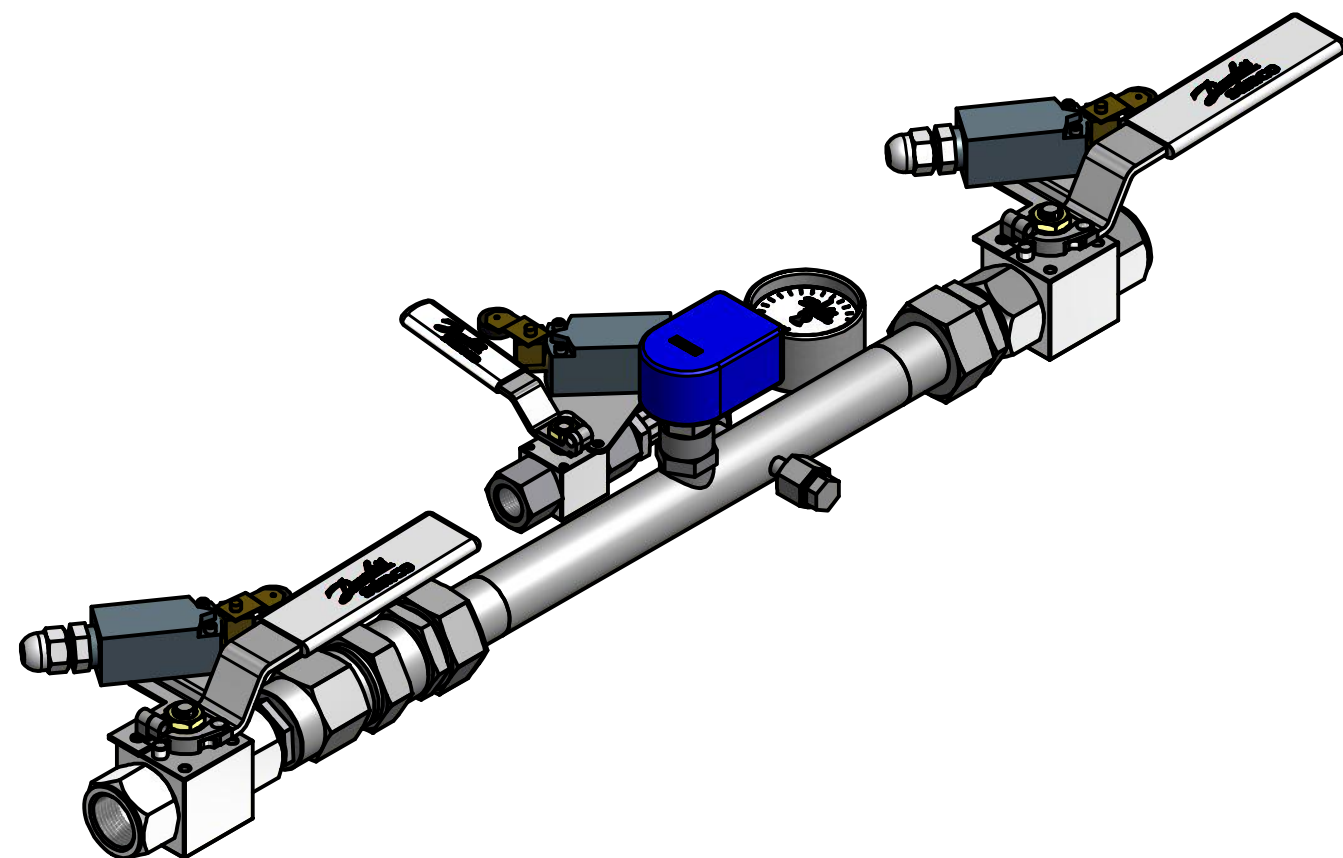
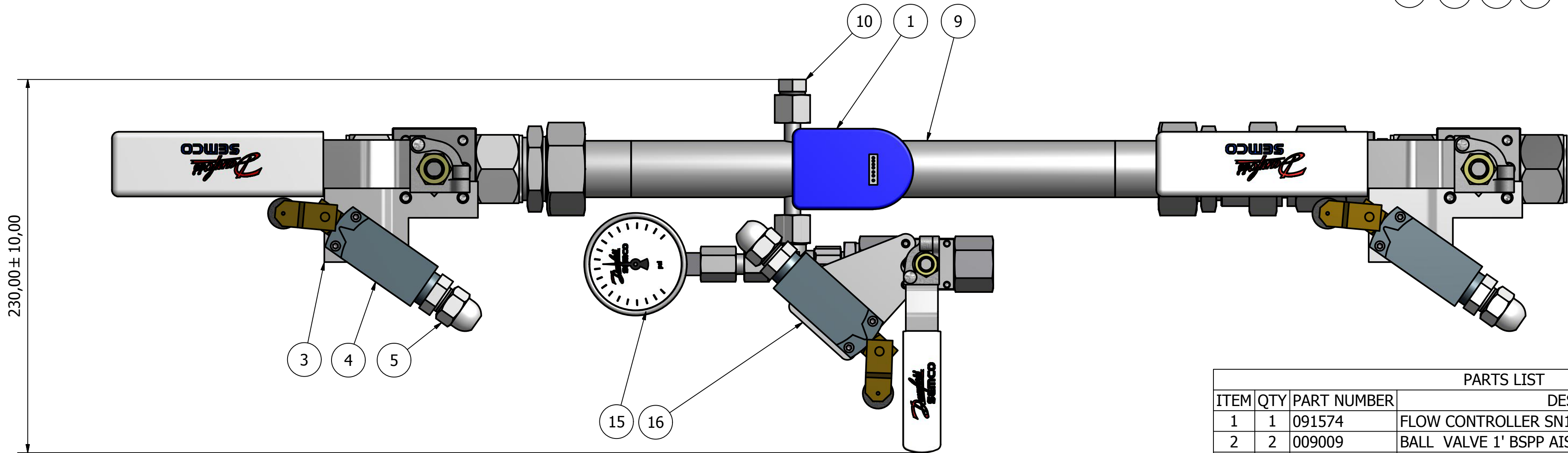
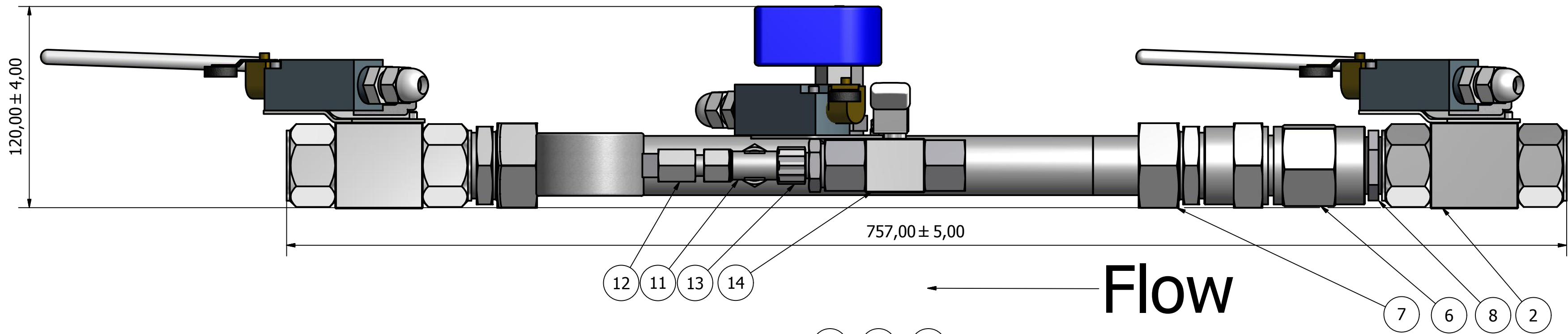
Rev. 3
Date 09.10.13



Nozzle Information	
Application	Public space
Orientation	Pendent
Nozzle I.D.	AE (5-12-56-6-27-57)
Order no.	105785
Working pressure	100 bar
K-factor	2.75
Max ceiling height	6.0m
Nozzle spacing	4.7m
Release temperature	57°C
Maximum distance to wall	2.35m
Tested in accordance with	CEN/TS 14972
Approved by	DBI
Pipe connection	Ø12mm DIN 2353 M12L
Material	CuZn36Pb2As (brass) coated with NiSn

Only to the extent expressly agreed by us this document may constitute a contractual obligation on our part.

This document and its contents are our exclusive property and must not be copied, reproduced, transmitted or communicated to any other party or used for purposes not expressly permitted by us.



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	091574	FLOW CONTROLLER SN10105 24V DC
2	2	009009	BALL VALVE 1" BSPP AISI316L
3	2	109653	Bracket for limit switch 1"-1 1/4"
4	3	009139	Limet switch XCKP2118
5	3	025875	SCREWED CONN PERFECT M16X1,5 5-9 MS
6	1	110766	RD-I-G1", AISI316L
7	2	109135	GE35_1"
8	1	110768	STRAIGHT ADAPTORS nipple 1"
9	1	111495	SECTION MIDDLE PIPE WELDED SECTION VALVE
10	1	109166	Plug ROV 10L
11	1	109105	T 10L AISI316
12	1	109142	Adjustable manometer coupling MAVE 10L-1/4"
13	1	111496	EGE 10 - 1/2"
14	1	009012	Ball valve 1/2" 6000psi BSPP
15	1	111192	Pressure Gauge, 2.5in Face,250bari, 1/4NPT
16	1	104727	Bracket for LIMIT SWITCH 1/2 +3/8"

	Last Revision by : KBO	Reference No. : 1351.03.2014	Material :
	DANFOSS SEMCO A/S FIRE PROTECTION Middelfartvej 9 . DK 5000 ODENSE C TLF. +45 7488 7800 . FAX. +45 7488 7801		
	SEM-SAFE® WATER MIST		
Project Standard section valve		Title H11-1" connection	
Date : 19-10-2012	Author : U240382	Approved by : HBY	
Scale:	Size: A2	Drawing No: 111739	Rev: 02

Data Sheet No.: 072-90-00003	SEM-SAFE® electrical pump unit without unit tank, without standby pump	Rev. 0 Date 13-10-2017
--	---	---------------------------

SEM-SAFE® electrical pump unit without unit tank, without standby pump (land)

General description

The pump unit is a vital part of the SEM-SAFE® high-pressure water mist system for fire fighting.

The main components are high-pressure pumps, pilot pump, electric motors, inlet- return- and high-pressure manifolds, and unit control panel, all mounted on a common skid frame.

The pump unit consists of up to 8 electrically driven high-pressure pumps. The pumps are water lubricated multi axial piston pumps, starting direct on line (DOL). It supplies fresh water with high-pressure to automatic frangible glass bulb nozzles or open nozzles in both "wet" and "dry" applications.

This is a compact, small foot print pump unit supplied with water from a separate source, i.e. public water mains, a full water storage tank or a reduced capacity tank. Water feed to the pump unit is gravity-based, optionally by external feed water pump.



The low position of the pump unit inlet manifold increases the net volume of the water storage tank.

It is essential that sufficient clean and filtered water supply to the pump unit inlet manifold is secured at all times when all pumps are in operation, so a positive net suction to the high-pressure pumps is secured.

Water return lines from pressure relief valves, test valve and start-up valves are collected in a common return manifold to be returned to the water storage tank or drain in one single pipe.

The pump unit operates one or more high-pressure pumps connected to the water mist pipe system to meet the system design requirements. The system is activated on pressure drop and one high-pressure pump is started. Should the flow demand increase due to the release of more nozzles; additional pumps will automatically start sequentially. The required pumps necessary to maintain flow and operating pressure in the system will operate. The high-pressure water mist system remains activated until authorized personnel manually stops the system.

Data Sheet No.:
072-90-00003

**SEM-SAFE® electrical pump unit without
unit tank, without standby pump**

Rev. 0
Date 13-10-2017

Standards

The pump unit is designed according to the Danfoss Semco design manual incorporating the following standards:

- NFPA 750 – edition 2015
- IMO – International Maritime Organisation Standards
 - MSC 1165 + Amendments 1237, 1269, 1386 / MSC 265 + Amendments 1556 / MSC 1387 / MSC 1268
- EN 12845:2015 – Fixed Fire Fighting Systems – Automatic Sprinkler Systems – Design, Installation and Maintenance.
- CEN TS 14972:2011 – Fixed Fire Fighting Systems – Water Mist Systems – Design and Installation.
- EN 12094-10
- EN 12094-13

Power requirement at 100% flow

Motor nominal power supply @ 3 x 400VAC / 50Hz											
			18,5 kW			22 kW			30 kW		
Pump unit without spare pump	High- pressure pumps	Max flow [l/min]	Max pres- sure [bar]	Power consumption [kW / Amps]	Start current [amps]	Max pres- sure [bar]	Power consumption [kW / Amps]	Start current [amps]	Max Pres- sure [bar]	Power consumption [kW / Amps]	Start current [amps]
HPE-10-080-0000-P	1	112	80	18.5 / 34.5	259	95	22/41	308	130	30 / 56	420
HPE-20-080-0000-P	2	224	80	37 / 69	294	95	44/82	349	130	60 / 112	476
HPE-30-080-0000-P	3	336	80	55.5 / 103.5	329	95	66/123	390	130	90 / 168	532
HPE-40-080-0000-P	4	448	80	74 / 138	363	95	88/164	431	130	120 / 224	588
HPE-50-080-0000-P	5	560	80	92.5 / 172.5	398	95	110/205	472	130	150 / 280	644
HPE-60-080-0000-P	6	672	80	111 / 207	432	95	132/246	513	130	180 / 336	700
HPE-70-080-0000-P	7	784	80	129.5 / 241.5	467	95	154/287	554	130	210 / 392	756
HPE-80-080-0000-P	8	896	80	148 / 276	501	95	176/328	595	130	240 / 448	812
HPE-20-063-0000-P	2	176	100	37 / 69	294	120	44/82	349	140	60 / 112	476
HPE-30-063-0000-P	3	264	100	55.5 / 103.5	329	120	66/123	390	140	90 / 168	532
HPE-40-063-0000-P	4	352	100	74 / 138	363	120	88/164	431	140	120 / 224	588

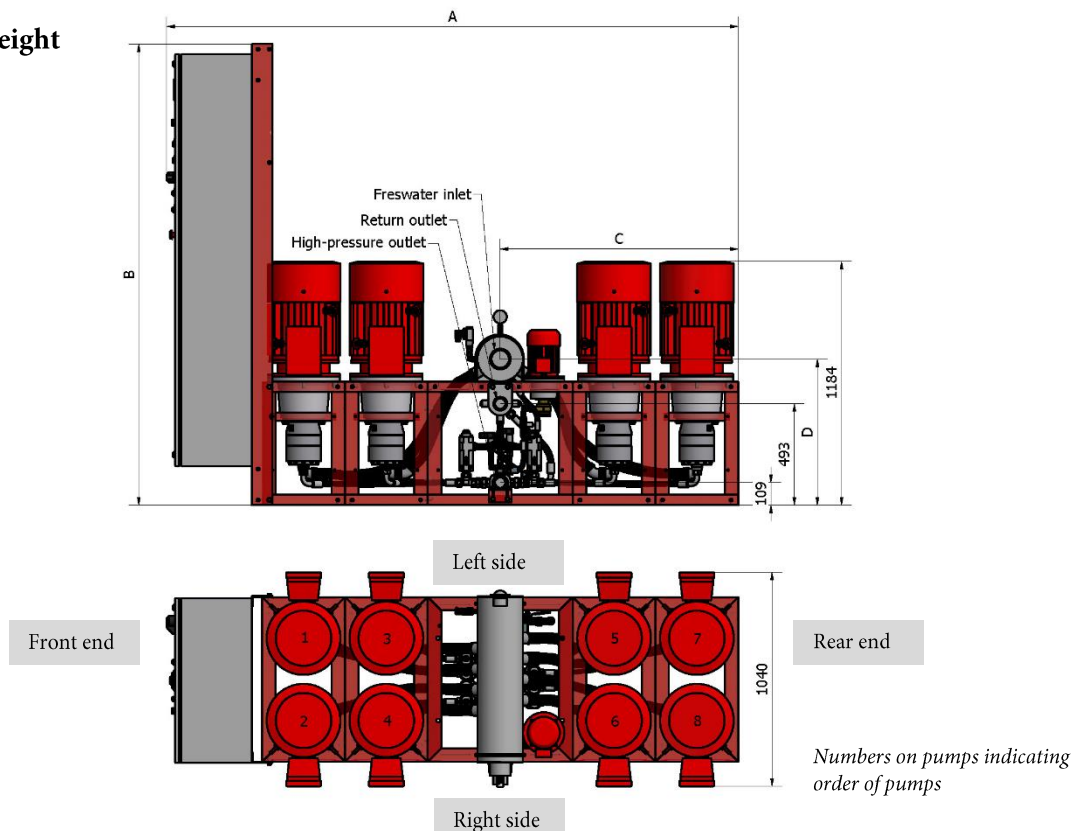


Data Sheet No.:
072-90-00003

**SEM-SAFE® electrical pump unit without
unit tank, without standby pump**

Rev. 0
Date 13-10-2017

Dimensions and weight



Pump unit	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	Weight [kg]	Inlet pressure [bar]	Freshwater inlet [BSP]	High-pressure outlet [mm]	Return outlet [BSP]	Tempe rature ¹ [C°]
HPE-10-080-0000-P	1500	1600	350	657	675	>0 - <4	2"	42,2	2"	2-50
HPE-20-080-0000-P	1500	1600	350	657	950	>0 - <4	2"	42,2	2"	2-50
HPE-30-080-0000-P	1900	1600	350	657	1200	>0 - <4	3"	42,2	2"	2-50
HPE-40-080-0000-P	1900	1600	350	657	1450	>0 - <4	3"	42,2	2"	2-50
HPE-50-080-0000-P	2300	2040	750	710	1775	>0 - <4	4"	60,3	2"	2-50
HPE-60-080-0000-P	2300	2040	750	710	2015	>0 - <4	4"	60,3	2"	2-50
HPE-70-080-0000-P	2700	2040	1150	710	2275	>0 - <4	4"	60,3	2"	2-50
HPE-80-080-0000-P	2700	2040	1150	710	2525	>0 - <4	4"	60,3	2"	2-50
HPE-20-063-0000-P	1500	1600	350	657	860	>0 - <4	2"	42,2	2"	2-50
HPE-30-063-0000-P	1900	1600	350	657	1065	>0 - <4	3"	42,2	2"	2-50
HPE-40-063-0000-P	1900	1600	350	657	1270	>0 - <4	3"	42,2	2"	2-50

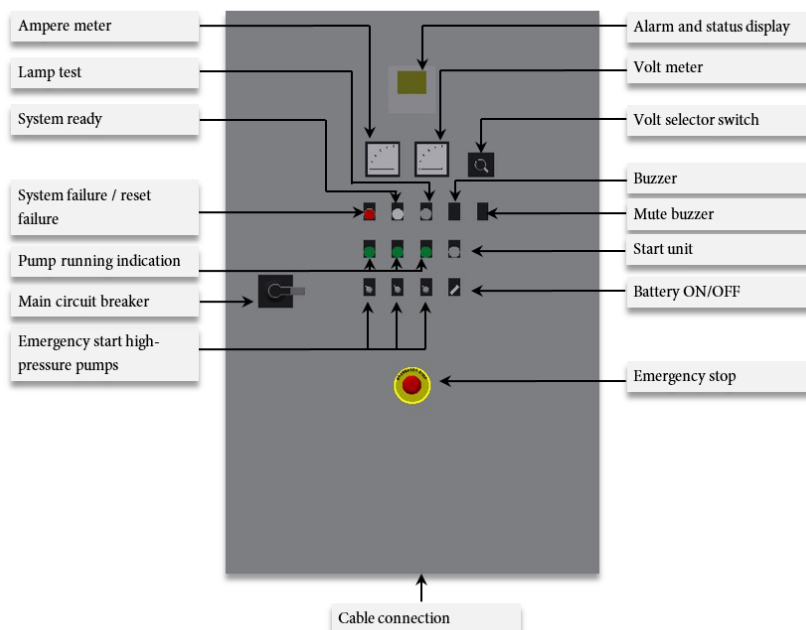
¹ Ambient and media temperature

Data Sheet No.:
072-90-00003

**SEM-SAFE® electrical pump unit without
unit tank, without standby pump**

Rev. 0
Date 13-10-2017

Unit Control Panel



Cable connection at main switch in unit control panel

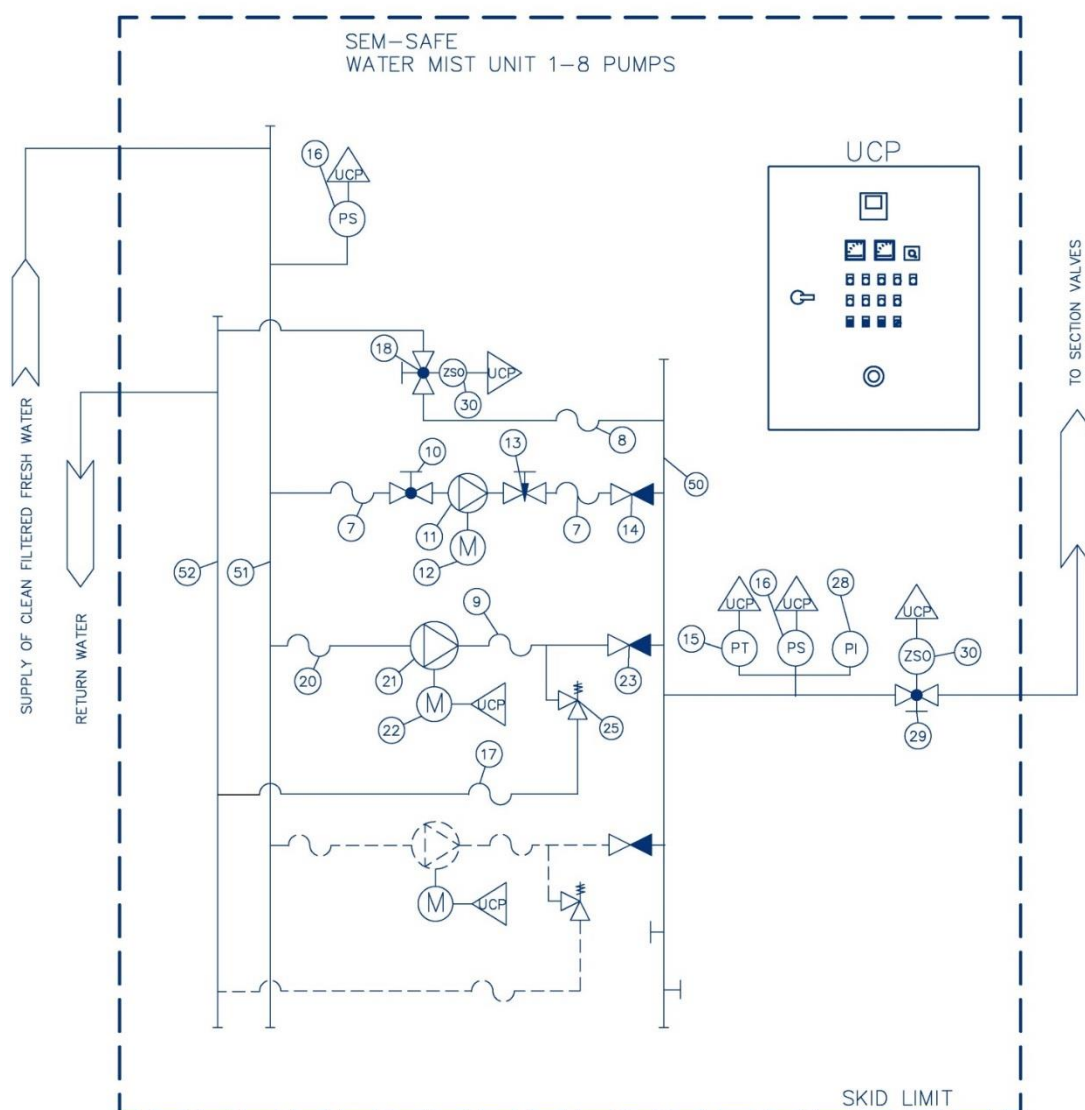
Cable connection - nominal power supply @ 3 x 400VAC / 50Hz							
Pump unit without spare pump	High- pressure pumps	18,5 kW (80 Amps fuses)		22 kW (80 Amps fuses)		30 kW (125 Amps fuses)	
		Main circuit breaker size [Amps]	Terminal connection, max. size of cable. Phase/PE-N [mm²]	Main circuit breaker size [Amps]	Terminal connection, max. size of cable. Phase/PE-N [mm²]	Main circuit breaker size [Amps]	Terminal connection, max. size of cable. Phase/PE-N [mm²]
HPE-10-080-0000-P	1	150	95	150	95	150	95
HPE-20-080-0000-P	2	150	95	150	95	200	150
HPE-30-080-0000-P	3	200	150	250	150	320	2x150
HPE-40-080-0000-P	4	250	150	320	2x150	400	2x150
HPE-50-080-0000-P	5	320	2x150	400	2x150	500	2x240
HPE-60-080-0000-P	6	400	2x150	400	2x150	630	2x240
HPE-70-080-0000-P	7	400	2x150	500	2x240	630	2x240
HPE-80-080-0000-P	8	500	2x240	630	2x240	800	3x240
HPE-20-063-0000-P	2	150	95	150	95	200	150
HPE-30-063-0000-P	3	200	150	250	150	320	2x150
HPE-40-063-0000-P	4	250	150	320	2x150	400	2x150

Data Sheet No.:
072-90-00003

**SEM-SAFE® electrical pump unit without
unit tank, without standby pump**

Rev. 0
Date 13-10-2017

Principle diagram



No.	Component description
7	FLEXIBLE HOSES PILOT PUMP
8-9	HIGH-PRESSURE FLEXIBLE HOSE
10	SERVICE VALVE PILOT PUMP
11	PILOT PUMP
12	MOTOR PILOT PUMP
13	NEEDLE VALVE
14	NON-RETURN VALVE
15	PRESSURE TRANSMITTER

No.	Component description
16	PRESSURE SWITCH
17	RETURN HOSE
18	TEST VALVE
20	FLEXIBLE HOSE HIGH-PRESSURE PUMP
21	HIGH-PRESSURE PUMP
22	MOTOR HIGH-PRESSURE PUMP
23	NON-RETURN VALVE

No.	Component description
25	PRESSURE RELIEF VALVE
28	PRESSURE INDICATOR
29	MAIN VALVE
30	LIMIT SWITCH
50	HIGH-PRESSURE MANIFOLD
51	INLET MANIFOLD
52	RETURN MANIFOLD

Data Sheet No.: 072-90-00003	SEM-SAFE® electrical pump unit without unit tank, without standby pump	Rev. 0 Date 13-10-2017
--	---	---------------------------

Options	Comments & impact on dimensions
Soft starter	Reduces start current to $\sim 3xI_{1/1}$
Frequency converter	Reduces start current to $\sim 1xI_{1/1}$ – max 3 pumps in UCP. Larger quantities in separate cabinet
Fuse protection of el-motor	Can influence UCP dimensions
High-pressure pilot pump	Pressure up to $\sim 50\text{bar}$ (1.1kW motor)
Power supply and control for feed water pump	Max 10kW in UCP
Back-up infill solenoid valve	Used when water infill valve for reservoir tank is required
Oversized cabinet for pump units with 7 & 8 pumps w/fuse protection	H*W*D= 2100*1000*400mm (floor cabinet on 100mm foundation) Note: Total length of pump unit increases with 100mm
Cabinet for auto switch-over between 2 power supplies	Separate cabinet H*W*D= 1000*1000*300mm
Additional potential free signals	Specify, if other than standard
Detached Unit Control Panel (UCP)	Specify cable length to be supplied

Accessories

Filter arrangement

Please note the space requirements for the filter arrangement. The information can be found in data sheets no. 017-11-00001 and 017-02-00001.

Filter Unit	Part no.
HF-1-B	109044
HF-2-B	109045
HF-3-B	109046
HF-2-S	114494

Water Quality

Please find the information of the water quality in data sheet no. 901-90-00006.

Danfoss Semco can accept no responsibility for possible errors in catalogues, brochures and other printed material. Danfoss Semco reserves the right to alter its products without notice. This also applies to products already on order provided that such alterations can be made without subsequent changes being necessary in specifications already agreed.

All trademarks in this material are property of the respective companies. Danfoss Semco and the Danfoss Semco logotype are trademark of Danfoss Semco A/S. All rights reserved.